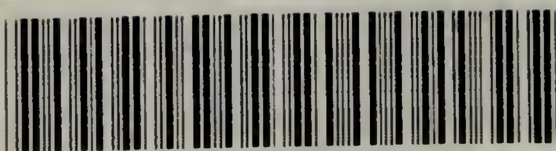
HANDBUCH DER RÖNTGEN-LEHRE

VON

HERMANN GOCHT

Vierte Auflage

FERDINAND ENKE IN STUTTGART


22102156297

Siegfried Simon
1914

HANDBUCH DER RÖNTGEN-LEHRE.

HANDBUCH

DER

RÖNTGEN-LEHRE

ZUM GEBRAUCHE FÜR MEDIZINER

VON

PROF. DR. HERMANN GOCHT,
SPEZIALARZT FÜR ORTHOPÄDISCHE CHIRURGIE ZU HALLE a. S.

Vierte umgearbeitete und vermehrte Auflage.

MIT 249 IN DEN TEXT GEDRUCKTEN ABBILDUNGEN.



STUTTGART
VERLAG VON FERDINAND ENKE.
1914.

Druck der Union Deutsche Verlagsgesellschaft in Stuttgart.

SEINER EXZELLENZ HERRN GEHEIMRAT

PROF. DR. WILHELM CONRAD RÖNTGEN

IN VEREHRUNG

GEWIDMET.

Vorwort zur vierten Auflage.

Die Untersuchung und die Behandlung mit Röntgenstrahlen sind in den letzten 3 Jahren mit Riesenеifer ausgebaut und vertieft worden. So hat die innere Medizin, im weitesten Sinne des Wortes, geradezu erstaunliche Fortschritte in der Röntgendiagnostik aufzuweisen; sie steht eigentlich ganz im Banne der Röntgenstrahlen. Und man müßte jedes Spezialgebiet der ärztlichen Kunst nennen, um den Siegeszug der Röntgenuntersuchung richtig zu charakterisieren, um die Erfolge der Röntgentherapie in das rechte Licht zu setzen.

Ebenso ist auf technischem Gebiete Erstaunliches geleistet worden; ich erinnere nur an die Vervollkommnung der Röntgenapparate, die früher niegeahnte sekundäre Stromenergien produzieren, und der Röntgenröhren, die mittels ingeniöser Konstruktion und Kühlmittel diese Stromenergien aushalten und in Röntgenenergie umformen.

Alle diese Fortschritte haben in der neuen Auflage ihre wohlverdiente Würdigung gefunden, so daß das Buch trotz aller Knappheit von 463 Seiten der dritten Auflage auf 485 Seiten Text gewachsen ist; auch die Abbildungen sind von 233 auf 249 vermehrt worden.

Besondere Ausgestaltung haben demgemäß die Abschnitte über das Röntgeninstrumentarium und über die Röntgenröhre erfahren; ferner die Kapitel über Anatomie und Physiologie, über Geburtshilfe und Gynäkologie, über die Untersuchung des Magendarmtraktus; schließlich wieder der allgemeine und spezielle Teil der Röntgentherapie, und zwar besonders die Tiefentherapie.

Danken muß ich an dieser Stelle wieder all den Ärzten und Ingenieuren, welche mir bereitwilligst mit Rat und Tat, mit ihren Arbeiten, Zeichnungen und Bildern an der schwierigen Bewältigung des unermeßlichen Stoffes beigestanden haben; danken auch der Verlagsbuchhandlung von Ferdinand Enke, daß sie die Fertigstellung der neuen Auf-

lage immer wieder gefördert und das Buch mit so viel Sorgfalt ausgestattet hat.

Schließlich will ich noch darauf hinweisen, daß im gleichen Verlage die von mir und einer Reihe von Ausschußmitgliedern der Deutschen Röntgengesellschaft und im Auftrage der letzteren herausgegebene Röntgenliteratur, nach Autoren geordnet und als Sachregister, in zwei stattlichen Bänden vorliegt. Die Sammlung umfaßt alle Röntgenarbeiten vom Beginn bis zum 1. Januar 1912. Der Nachtragsband über die Arbeiten bis zum 1. Januar 1914 ist gleichfalls soeben fertiggestellt worden.

Halle a. S., Februar 1914.

Prof. Dr. Hermann Gocht.

Vorwort zur dritten Auflage.

Fünfzehn Jahre sind vergangen, seitdem Röntgen seine Entdeckung der Wissenschaft, im besonderen der Medizin, übergeben hat, und mit immer mehr Eifer, Vertiefung und Erfolg haben Ärzte, Elektrotechniker und Physiker gemeinsam an dem weiteren Ausbau der Röntgenlehre und -technik gearbeitet. Nicht zum wenigsten ist dieser gemeinsamen Arbeit förderlich gewesen die am 2. Mai 1905 in Berlin gelegentlich des ersten Röntgenkongresses begründete Deutsche Röntgengesellschaft, die inzwischen alljährlich in der Osterwoche im Langenbeck-Hause in Berlin ihren Kongreß abgehalten hat. Diese Kongresse sind, das darf man ohne Übertreibung sagen, das hervorragendste Forum für die Röntgenforscher aller Nationen geworden, und die Kongreßberichte bieten für das Röntgenstudium eine Fundgrube allseitigen Röntgenwissens und -könnens.

Nachdem ich schon jahrelang in Wort und Schrift dahin gewirkt hatte, eine Nomenklatur einzuführen, in der der Name Röntgen enthalten war, hat sich erfreulicherweise schon der erste Röntgenkongreß durch einen einstimmigen Beschluß auf eine solche einheitliche Nomenklatur für die Kongreß- und Schriftsprache geeinigt. Folgende Bezeichnungen haben seitdem ganz allgemein Eingang gefunden:

Röntgenologie — Röntgenlehre, Röntgenwissenschaft,
Röntgenoskopie — Röntgendurchleuchtung,
Röntgenographie — Röntgenaufnahme.
Röntgenogramm — Röntgenbild,
Orthoröntgenographie,
Röntgentherapie — Röntgenbehandlung,
Röntgenisieren — mit Röntgenstrahlen behandeln.

Voll Genugtuung soll auch an dieser Stelle konstatiert werden, daß sich die Ärzte als durchaus imstande erwiesen haben, die durch die her-

vorragenden Arbeiten von physikalisch-technischer Seite immer mehr ausgebaute Röntgentechnik zu beherrschen. Ich erinnere hier an die fundamentalen Untersuchungen von Dessauer, Grisson, Janus, Klingelfuß, Koch, Rosenthal und Walter, an den Röhrenausbau durch Bauer, Gundelach und Müller und an die höchstentwickelten Fortschritte unserer großen, allseitig geschätzten elektrotechnischen Fabriken. Dabei darf nicht vergessen werden, daß anderseits gerade durch die Anregungen, Forderungen und Erfindungen namhafter Röntgenärzte die Technik vielfach zur Lösung neuer Probleme angespornt worden ist.

Zweifellos sind die Röntgeninstrumentarien nach allen Richtungen hin leistungsfähiger, aber auch teilweise komplizierter geworden. Wir arbeiten heute nicht mehr allein mit dem Rühmkorffschen Induktor und Unterbrecherbetrieb, sondern es sind inzwischen eigenartige unterbrecherlose Wechselstrominstrumentarien auf dem Röntgenmarkt erschienen, zu deren richtigem Verständnis genauere Studien gehören.

Ich habe deshalb in dieser neuen Auflage einige Kapitel wesentlich nach der physikalischen Seite hin erweitert, um bei den neuen Schülern der Röntgenlehre möglichst wenig Voraussetzungen zu machen und sie so von Begriff zu Begriff in die hauptsächlichen, für uns unentbehrlichen elektrischen und speziell Röntgenstudien einzuführen.

Im technischen Teile bin ich den rein schematischen Zeichnungen treu geblieben, denn das Äußere der Apparate ist ja in jedem Kataloge unserer bedeutenden Röntgenfirmen aufs beste zu studieren. Dabei ist es mir eine teure Pflicht, allen den Herren der Fabrikation und Technik auf dem Gebiet der Röntgenapparate und Röntgenröhren zu danken für die liebenswürdige Mitarbeiterschaft an diesem Buche, die teils durch genaueste Beschreibung ihrer Spezialkonstruktionen, teils durch die Anfertigung sorgsamster Zeichnungen und durch sonstige wichtige Mitteilungen erfolgt ist.

Weiter muß ich hervorheben, daß bei dem immer wachsenden Stoff sowohl in technischer, wie medizinischer Hinsicht eine sehr gründliche Umarbeitung des ganzen Buches notwendig geworden ist. Dabei sind die Abbildungen allein von 104 auf 233 gewachsen.

Schon das Inhaltsverzeichnis S. XIII bis XVI legt davon Zeugnis ab. Ganz neu oder wesentlich erweitert sind die Kapitel: über das Ent-

stehen und Verhalten des elektrischen Stroms, über die Gleichstrom- und Wechselstromzentralen, über den Funkeninduktor, über unterbrecherlose Röntgenapparate, über Röhrenprüfung und überhaupt über die Röntgenröhre; ferner im speziellen Teil der Technik die Kapitel: über Röntgenlichtmesser, über Abkürzung der Expositionszeit, über Films, über die Methode von Béla Alexander usw. Auch im zweiten medizinischen Teil haben alle Kapitel eine wesentliche Umarbeitung erfahren, besonders die Untersuchung des Verdauungstraktus; ganz neu ist auch der allgemeine und spezielle Teil der Röntgentherapie und aufs eingehendste ist die Dosierungsfrage behandelt.

Die Literatur ist im Laufe der Jahre so enorm angeschwollen, daß wir uns entschließen mußten, sie als Sonderband erscheinen zu lassen.

Zum Schluß noch ein Wort über die Röntgentechnik im allgemeinen. Daß zu der Beherrschung der außerordentlich vielseitigen Röntgenwissenschaft viel Liebe und Lust, viel Arbeit und Zeit gehört, bedarf kaum des Hinweises. Daß sich demnach die Röntgenkunst bei vielen Forschern zu einer Spezialdisziplin entwickelt hat, darf nicht wundernehmen. Die Arbeiten dieser Pioniere kommen der Wissenschaft und der Menschheit zugute. Und wenn einige der Besten schwere dauernde Schädigungen durch die Röntgenstrahlen erlitten, ja ihr Leben gelassen haben, so muß es uns ein erhebender Trost sein, daß sie ihre Kräfte für eine gute, große Sache hingegeben haben.

Halle a. S., Februar 1911.

Prof. Dr. Hermann Gocht.

Inhaltsverzeichnis.

B. Spezieller Teil.

II. Die praktische Verwendung der Röntgenstrahlen in der Medizin.

A. Röntgenographie und Röntgenoskopie.

B. Röntgentherapie.

I. Allgemeiner Teil.

II. Spezieller Teil.

Einleitung.

Als Ende des Jahres 1895 die epochemachende Mitteilung von Röntgen: „Über eine neue Art von Strahlen" erschienen war, da erwartete man in der physikalisch-medizinischen Gesellschaft zu Würzburg voll Spannung den Abend des 23. Januars 1896, für den der Entdecker einen Vortrag über das gleiche Thema angekündigt hatte. Er wurde von einem außerordentlich zahlreichen Auditorium begrüßt, und am Ende seiner Ausführungen machte sich die Begeisterung für die hervorragende Entdeckung und ihren Meister Luft in stürmischen Ovationen. v. Kölliker, dessen Hand in dieser Sitzung auf die photographische Platte gezaubert wurde, führte danach aus, daß er in den 48 Jahren seiner Zugehörigkeit zur physikalischen Gesellschaft noch keiner Sitzung beigewohnt habe, in der so Großes und so Bedeutendes vorgetragen worden sei wie in dieser. Er schloß seine Ansprache mit einem dreifachen Hoch auf den Entdecker, in das die Anwesenden jubelnd einstimmten. Mit nichts Trefflicherem konnte Kölliker seine Worte zum Schlusse krönen, als dem Vorschlage, die von Röntgen entdeckten X-Strahlen Röntgensche Strahlen zu nennen, um so den Namen des Entdeckers von Anfang an untrennbar mit diesen Strahlen zu verknüpfen.

Wenn Röntgen damals auf die Fragen Köllikers bezüglich der eventuellen Verwertbarkeit für die Medizin antwortete, daß ihm zu einer Fortsetzung der Versuche nach dieser Richtung hin die Zeit mangle, er müsse dies in die Hände der Ärzte legen, so hat er wohl voraussehend gewußt, mit welchem Interesse und welchem Eifer die Ärzte seine Entdeckung nutzbar machen und in den Dienst der leidenden Menschheit stellen würden. Die Aufschlüsse und Erfolge, die die Medizin mit Hilfe der Röntgenschen Strahlen bisher errungen hat, reihen sich Glied um Glied zu einer trefflichen Kette, die einen hohen Schmuck für deutschen Geist und deutsche Wissenschaft darstellt.

Wie eine Wundermär verbreitete sich die Kunde der neuen Strahlen über Deutschland, über die ganze Welt. Es gab in jenen Wochen wohl

keine Gelegenheit, bei der nicht unter ernsthaften und scherzhaften Betrachtungen von den Röntgenschen Strahlen und ihrer eigenartigen Kraft gesprochen wurde. Wünsche und Hoffnungen wurden an sie geknüpft, die Phantasie erging sich überall in den kühnsten Träumen, und wenn man auch damals Wahrheit und Dichtung nicht ganz auseinander hielt, so zeigte sich bald, ein wie großes Gebiet sich die neuen Strahlen erobern sollten.

Gehen wir mit einigen Worten zu der Entdeckung selbst über. Röntgen experimentierte seit geraumer Zeit mit Kathodenstrahlen. Er gebrauchte dazu hauptsächlich Hittorfsche Vakuumröhren, d. h. Röhren, die durch die Luftpumpe bis zu einem gewissen Grade luftleer gemacht waren. Aus Röntgens ersten Mitteilungen in den Sitzungsberichten der Würzburger physikalisch-medizinischen Gesellschaft 1895, S. 132 ff. und 1896, S. 17 ff., hebe ich folgende uns besonders interessierende Stellen hervor:

I. 1. „Läßt man durch eine Hittorfsche Vakuumröhre oder einen genügend evakuierten Lenardschen, Crookesschen oder ähnlichen Apparat die Entladungen eines größeren Rühmkorffs gehen und bedeckt die Röhre mit einem ziemlich eng anliegenden Mantel aus dünnem schwarzen Karton, so sieht man in dem vollständig verdunkelten Zimmer einen in die Nähe des Apparates gebrachten, mit Bariumplatincyanür angestrichenen Papierschirm bei jeder Entladung hell aufleuchten, fluoreszieren, gleichgültig ob die angestrichene oder die andere Seite des Schirmes dem Entladungsapparat zugewendet ist. Die Fluoreszenz ist noch in 2 m Entfernung vom Apparat bemerkbar.

Man überzeugt sich leicht, daß die Ursache der Fluoreszenz vom Entladungsapparat und von keiner anderen Stelle der Leitung ausgeht."

2. „Das an dieser Erscheinung zunächst Auffallende ist, daß durch die schwarze Kartonhülse, welche keine sichtbaren oder ultravioletten Strahlen des Sonnen- oder des elektrischen Bogenlichtes durchläßt, ein Agens hindurchgeht, das imstande ist, lebhafte Fluoreszenz zu erzeugen, und man wird deshalb wohl zuerst untersuchen, ob auch andere Körper diese Eigenschaft besitzen.

Man findet bald, daß alle Körper für dasselbe durchlässig sind, aber in sehr verschiedenem Grade. Einige Beispiele führe ich an. Papier ist durchlässig[1]): hinter einem eingebundenen Buch von zirka 1000 Seiten sah ich den Fluoreszenzschirm noch deutlich leuchten; die Druckerschwärze bietet kein merkliches Hindernis. Ebenso zeigte sich Fluoreszenz hinter einem doppelten Whistspiel; eine einzelne Karte zwischen Apparat und

[1]) Mit „Durchlässigkeit" eines Körpers bezeichne ich das Verhältnis der Helligkeit eines dicht hinter den Körper gehaltenen Fluoreszenzschirmes zu derjenigen Helligkeit des Schirmes, welche dieser unter denselben Verhältnissen aber ohne Zwischenschaltung des Körpers zeigt.

Schirm gehalten macht sich dem Auge fast gar nicht bemerkbar. — Auch ein einfaches Blatt Stanniol ist kaum wahrzunehmen; erst nachdem mehrere Lagen übereinander gelegt sind, sieht man ihren Schatten deutlich auf dem Schirm. — Dicke Holzblöcke sind noch durchlässig; 2—3 cm dicke Bretter aus Tannenholz absorbieren nur sehr wenig. — Eine zirka 15 mm dicke Aluminiumschicht schwächte die Wirkung recht beträchtlich, war aber nicht imstande, die Fluoreszenz ganz zum Verschwinden zu bringen. — Mehrere Zentimeter dicke Hartgummischeiben lassen noch Strahlen[1]) hindurch. — Glasplatten gleicher Dicke verhalten sich verschieden, je nachdem sie bleihaltig sind (Flintglas) oder nicht; erstere sind viel weniger durchlässig als letztere. — Hält man die Hand zwischen den Entladungsapparat und den Schirm, so sieht man die dunkleren Schatten der Handknochen in dem nur wenig dunklen Schattenbild der Hand. — Wasser, Schwefelkohlenstoff und verschiedene andere Flüssigkeiten erweisen sich in Glimmergefäßen untersucht als sehr durchlässig. — Daß Wasserstoff wesentlich durchlässiger wäre als Luft, habe ich nicht finden können. — Hinter Platten aus Kupfer, resp. Silber, Blei, Gold, Platin ist die Fluoreszenz noch deutlich zu erkennen, doch nur dann, wenn die Plattendicke nicht zu bedeutend ist. Platin von 0.2 mm Dicke ist noch durchlässig; die Silber- und Kupferplatten können schon stärker sein. Blei in 1.5 mm Dicke ist so gut wie undurchlässig und wurde deshalb häufig wegen dieser Eigenschaft verwendet. — Ein Holzstab mit quadratischem Querschnitt (20 × 20 mm), dessen eine Seite mit Bleifarbe weiß angestrichen ist, verhält sich verschieden, je nachdem er zwischen Apparat und Schirm gehalten wird; fast vollständig wirkungslos, wenn die X-Strahlen parallel der angestrichenen Seite durchgehen, entwirft der Stab einen dunklen Schatten, wenn die Strahlen die Anstrichfarbe durchsetzen müssen. — In eine ähnliche Reihe, wie die Metalle, lassen sich ihre Salze, fest oder in Lösung, in bezug auf ihre Durchlässigkeit ordnen."

3. „Die angeführten Versuchsergebnisse und andere führen zu der Folgerung, daß die Durchlässigkeit der verschiedenen Substanzen, gleiche Schichtendicke vorausgesetzt, wesentlich bedingt ist durch ihre Dichte: keine andere Eigenschaft macht sich wenigstens in so hohem Grade bemerkbar als diese.

Daß aber die Dichte doch nicht ganz allein maßgebend ist, das beweisen folgende Versuche. Ich untersuchte auf ihre Durchlässigkeit nahezu gleichdicke Platten aus Glas, Aluminium, Kalkspat und Quarz; die Dichte dieser Substanzen stellte sich als ungefähr gleich heraus, und doch zeigte sich ganz evident, daß der Kalkspat beträchtlich weniger durchlässig ist als die übrigen Körper, die sich untereinander ziemlich gleich

---

[1]) Der Kürze halber möchte ich den Ausdruck „Strahlen" und zwar zur Unterscheidung von anderen den Namen „X-Strahlen" gebrauchen.

verhielten. Eine besonders starke Fluoreszenz des Kalkspates namentlich im Vergleich zum Glas habe ich nicht bemerkt."

6. „Die Fluoreszenz des Bariumplatincyanürs ist nicht die einzige erkennbare Wirkung der X-Strahlen. Zunächst ist zu erwähnen, daß auch andere Körper fluoreszieren; so z. B. die als Phosphore bekannten Calciumverbindungen, dann Uranglas, gewöhnliches Glas, Kalkspat, Steinsalz usw.

Von besonderer Bedeutung in mancher Hinsicht ist die Tatsache, daß photographische Trockenplatten sich als empfindlich für die X-Strahlen erwiesen haben. Man ist imstande, manche Erscheinung zu fixieren, wodurch Täuschungen leichter ausgeschlossen werden; und ich habe, wo es irgend anging, jede wichtigere Beobachtung, die ich mit dem Auge am Fluoreszenzschirm machte, durch eine photographische Aufnahme kontrolliert.

Dabei kommt die Eigenschaft der Strahlen, fast ungehindert durch dünnere Holz-, Papier- und Stanniolschichten hindurchgehen zu können, sehr zu statten; man kann die Aufnahmen mit der in der Kassette, oder in einer Papierumhüllung eingeschlossenen photographischen Platte im beleuchteten Zimmer machen. Andererseits hat diese Eigenschaft auch zur Folge, daß man unentwickelte Platten nicht bloß durch die gebräuchliche Hülle aus Pappendeckel und Papier geschützt längere Zeit in der Nähe des Entladungsapparates liegen lassen darf."

8. „Die Frage nach der Reflexion der X-Strahlen ist als in dem Sinne erledigt zu betrachten, daß eine merkliche regelmäßige Zurückwerfung der Strahlen an keiner der untersuchten Substanzen stattfindet. Andere Versuche, die ich hier übergehen will, führen zu demselben Resultat.

Indessen ist eine Beobachtung zu erwähnen, die auf den ersten Blick das Gegenteil zu ergeben scheint. Ich exponierte eine durch schwarzes Papier gegen Lichtstrahlen geschützte photographische Platte, mit der Glasseite dem Entladungsapparat zugewendet, den X-Strahlen; die empfindliche Schicht war bis auf einen frei bleibenden Teil mit blanken Platten aus Platin, Blei, Zink und Aluminium in sternförmiger Anordnung bedeckt. Auf dem entwickelten Negativ ist deutlich zu erkennen, daß die Schwärzung unter dem Platin, dem Blei und besonders unter dem Zink stärker ist als an den anderen Stellen; das Aluminium hatte gar keine Wirkung ausgeübt. Es scheint somit, daß die drei genannten Metalle die Strahlen reflektieren; indessen wären noch andere Ursachen für die stärkere Schwärzung denkbar, und um sicher zu gehen, legte ich bei einem zweiten Versuch zwischen die empfindliche Schicht und die Metallplatten ein Stück dünnes Blattaluminium, welches für ultraviolette Strahlen undurchlässig, dagegen für die X-Strahlen sehr durchlässig ist. Da auch

jetzt wieder im wesentlichen dasselbe Resultat erhalten wurde, so ist eine Reflexion von X-Strahlen an den genannten Metallen nachgewiesen.

Hält man diese Tatsache zusammen mit der Beobachtung, daß Pulver ebenso durchlässig sind wie kohärente Körper, daß weiter Körper mit rauher Oberfläche sich beim Durchgang der X-Strahlen, wie auch bei dem zuletzt beschriebenen Versuch, ganz gleich wie polierte Körper verhalten, so kommt man zu der Anschauung, daß zwar eine regelmäßige Reflexion, wie gesagt, nicht stattfindet, daß aber die Körper sich den X-Strahlen gegenüber ähnlich verhalten, wie die trüben Medien dem Licht gegenüber.

Da ich auch keine Brechung beim Übergang von einem Medium zum anderen nachweisen konnte, so hat es den Anschein, als ob die X-Strahlen sich mit gleicher Geschwindigkeit in allen Körpern bewegen, und zwar in einem Medium, das überall vorhanden ist, und in welchem die Körperteilchen eingebettet sind. Die letzteren bilden für die Ausbreitung der X-Strahlen ein Hindernis, und zwar im allgemeinen ein desto größeres, je dichter der betreffende Körper ist."

10. „Es gelang mir, mit dem L. Weberschen Photometer in atmosphärischer Luft die Intensitäten des Fluoreszenzlichtes meines Schirmes in zwei Abständen — zirka 100 resp. 200 mm — vom Entladungsapparat miteinander zu vergleichen, und ich fand aus drei recht gut miteinander übereinstimmenden Versuchen, daß dieselben sich umgekehrt wie die Quadrate der resp. Entfernung des Schirmes vom Entladungsapparat verhalten. Demnach hält die Luft von den hindurchgehenden X-Strahlen einen viel kleineren Bruchteil zurück als von den Kathodenstrahlen."

11. „Eine weitere sehr bemerkenswerte Verschiedenheit in dem Verhalten der Kathodenstrahlen und der X-Strahlen liegt in der Tatsache, daß es mir trotz vieler Bemühungen nicht gelungen ist, auch in sehr kräftigen magnetischen Feldern eine Ablenkung der X-Strahlen durch den Magnet zu erhalten."

12. „Nach besonders zu diesem Zweck angestellten Versuchen ist es sicher, daß die Stelle der Wand des Entladungsapparates, die am stärksten fluoresziert, als Hauptausgangspunkt der nach allen Richtungen sich ausbreitenden X-Strahlen zu betrachten ist. Die X-Strahlen gehen somit von der Stelle aus, wo nach den Angaben verschiedener Forscher die Kathodenstrahlen die Glaswand treffen. Lenkt man die Kathodenstrahlen innerhalb des Entladungsapparates durch einen Magneten ab, so sieht man, daß auch die X-Strahlen von einer anderen Stelle, d. h. wieder von dem Endpunkte der Kathodenstrahlen ausgehen.

Auch aus diesem Grund können die X-Strahlen, die nicht ablenkbar sind, nicht einfach unverändert von der Glaswand hindurchgelassene resp. reflektierte Kathodenstrahlen sein. Die größere Dichte des Glases

außerhalb des Entladungsgefäßes kann ja nach Lenard für die große Verschiedenheit der Ablenkbarkeit nicht verantwortlich gemacht werden.

Ich komme deshalb zu dem Resultat, daß die X-Strahlen nicht identisch sind mit den Kathodenstrahlen, daß sie aber von den Kathodenstrahlen in der Glaswand des Entladungsapparates erzeugt werden."

13. „Diese Erzeugung findet nicht nur in Glas statt, sondern, wie ich an einem mit 2 mm starkem Aluminiumblech abgeschlossenen Apparat beobachten konnte, auch in diesem Metall."

14. „Die Berechtigung, für das von der Wand des Entladungsapparates ausgehende Agens den Namen ‚Strahlen' zu verwenden, leite ich zum Teil von der ganz regelmäßigen Schattenbildung her, die sich zeigt, wenn man zwischen den Apparat und den fluoreszierenden Schirm (oder die photographische Platte) mehr oder weniger durchlässige Körper bringt.

Viele derartige Schattenbilder, deren Erzeugung mitunter einen ganz besonderen Reiz bietet, habe ich beobachtet und teilweise auch photographisch aufgenommen; so besitze ich z. B. Photographien von den Schatten der Profile einer Tür, welche die Zimmer trennt, in welchen einerseits der Entladungsapparat, andererseits die photographische Platte aufgestellt waren; von den Schatten der Handknochen; von dem Schatten eines auf einer Holzspule versteckt aufgewickelten Drahtes; eines in einem Kästchen eingeschlossenen Gewichtssatzes; einer Bussole, bei welcher die Magnetnadel ganz von Metall eingeschlossen ist; eines Metallstückes, dessen Inhomogenität durch die X-Strahlen bemerkbar wird; usw.

Für die geradlinige Ausbreitung der X-Strahlen beweisend ist weiter eine Lochphotographie, die ich von dem mit schwarzem Papier eingehüllten Entladungsapparat habe machen können; das Bild ist schwach, aber unverkennbar richtig." — — —

II. 20. In § 13 meiner ersten Veröffentlichung ist mitgeteilt, daß die X-Strahlen nicht bloß in Glas, sondern auch in Aluminium entstehen können. Bei der Fortsetzung der Untersuchung nach dieser Richtung hin hat sich kein fester Körper ergeben, welcher nicht imstande wäre, unter dem Einfluß der Kathodenstrahlen X-Strahlen zu erzeugen. Es ist mir auch kein Grund bekannt geworden, weshalb sich flüssige und gasförmige Körper nicht ebenso verhalten würden.

Quantitative Unterschiede in dem Verhalten der verschiedenen Körper haben sich dagegen ergeben. Läßt man z. B. die Kathodenstrahlen auf eine Platte fallen, deren eine Hälfte aus einem 0,3 mm dicken Platinblech, deren andere Hälfte aus einem 1 mm dicken Aluminiumblech besteht, so beobachtet man an dem mit der Lochkamera aufgenommenen photographischen Bild dieser Doppelplatte, daß das Platinblech auf der von den Kathodenstrahlen getroffenen (Vorder-)Seite viel mehr X-Strahlen

aussendet als das Aluminiumbleeh auf der gleiehen Seite. Von der Hinterseite dagegen gehen vom Platin so gut wie gar keine, vom Aluminium aber relativ viel X-Strahlen aus. Letztere Strahlen sind in den vorderen Schiehten des Aluminiums erzeugt und durch die Platte hindurchgegangen.

Man kann sieh von dieser Beobachtung leieht eine Erklärung verschaffen, doch dürfte es sieh empfehlen, vorher noeh weitere Eigenschaften der X-Strahlen zu erfahren.

Zu erwähnen ist aber, daß der gefundenen Tatsaehe aueh eine praktisehe Bedeutung zukommt. Zur Erzeugung von mögliehst intensiven X-Strahlen eignet sieh nach meinen bisherigen Erfahrungen Platin am besten. Ieh gebrauche seit einigen Woehen mit gutem Erfolg einen Entladungsapparat, bei dem ein Hohlspiegel aus Aluminium als Kathode, ein unter 45⁰ gegen die Spiegelachse geneigtes, im Krümmungszentrum aufgestelltes Platinblech als Anode fungiert."

21. „Die X-Strahlen gehen bei diesem Apparat von der Anode aus. Wie ich aus Versuchen mit versehieden geformten Apparaten schließen muß, ist es mit Rüeksicht auf die Intensität der X-Strahlen gleiehgültig, ob die Stelle, wo diese Strahlen erzeugt werden, die Anode ist oder nicht." — — —

III. 1[1]. „Stellt man zwisehen einem Entladungsapparat, der intensive X-Strahlen aussendet, und einem Fluoreszenzsehirm eine undurchlässige Platte so auf, daß diese den ganzen Sehirm besehattet, so kann man trotzdem noeh ein Leuehten des Bariumplatincyanürs bemerken. Dieses Leuehten ist sogar dann noeh zu sehen, wenn der Sehirm direkt auf der Platte liegt, und man ist auf den ersten Bliek geneigt, die Platte doeh für durchlässig zu halten. Bedeekt man aber den auf der Platte liegenden Sehirm mit einer dicken Glasscheibe, so wird das Fluoreszenzlieht viel schwäeher und es versehwindet vollständig, wenn man, statt eine Glasplatte zu nehmen, den Sehirm mit einem Zylinder aus 0,1 cm diekem Bleibleeh umgibt, der einerseits dureh die undurehlässige Platte, andererseits dureh den Kopf des Beobaehters abgesehlossen wird.

Die besehriebene Erseheinung könnte dureh Beugung von sehr langwelligen Strahlen, oder dadurch entstanden sein, daß von den den Entladungsapparat umgebenden, bestrahlten Körpern, namentlieh von der bestrahlten Luft, X-Strahlen ausgehen.

Die letztere Erklärung ist die riehtige" . . .

3. „Nach § 12 meiner ersten Mitteilung ist die von den Kathoden-

[1] Weitere Beobachtungen über die Eigenschaften der X-Strahlen von W. C. Röntgen. (Dritte Mitteilung.) — Aus dem Sitzungsbericht der K. preuß. Akademie der Wissensch. zu Berlin, Jahrgang 1897.

strahlen getroffene Stelle des Entladungsapparates der Ausgangsort der X-Strahlen und zwar breiten sich diese nach „allen Richtungen" aus. Es ist nun von Interesse zu erfahren, wie die Intensität der Strahlen sich mit der Richtung ändert.

Zu dieser Untersuchung eignen sich am besten die kugelförmigen Entladungsapparate mit gut eben geschliffener Platinplatte, die unter einem Winkel von 45° von den Kathodenstrahlen getroffen wird. Schon ohne weitere Hilfsmittel glaubt man an der gleichmäßig hellen Fluoreszenz der über der Platinplatte liegenden halbkugelförmigen Glaswand erkennen zu können, daß sehr große Verschiedenheiten der Intensitäten in verschiedenen Richtungen nicht vorhanden sind, daß somit das Lambertsche Emanationsgesetz hier nicht gültig sein kann; doch dürfte diese Fluoreszenz zum größten Teil durch Kathodenstrahlen erzeugt sein.

Zur genaueren Prüfung wurden verschiedene Röhren mit dem Photometer auf die Intensität der Strahlung nach verschiedenen Richtungen untersucht, und außerdem habe ich zu demselben Zweck photographische Films exponiert, die um die Platinplatte des Entladungsapparates als Mittelpunkt zu einem Halbkreis (Radius 25 cm) gebogen waren. Bei beiden Verfahren wirkt die Ungleichheit der Dicke verschiedener Stellen der Röhrenwand sehr störend, weil dadurch die nach verschiedenen Richtungen ausgehenden X-Strahlen in ungleichem Maße zurückgehalten werden. Doch gelingt es wohl, die durchstrahlte Glasdicke durch Einschaltung von dünnen Glasplatten ziemlich gleich zu machen.

Das Resultat dieser Versuche ist, daß die Bestrahlung einer über der Platinplatte als Mittelpunkt konstruiert gedachten Halbkugel fast bis zum Rande derselben eine nahezu gleichmäßige ist. Erst bei einem Emanationswinkel von etwa 80° der X-Strahlen konnte ich den Anfang einer Abnahme der Bestrahlung bemerken, und auch diese Abnahme ist noch eine relativ geringe, so daß die Hauptänderung der Intensität zwischen 89° und 90° vorhanden ist.

Einen Unterschied in der Art der unter verschiedenen Winkeln emittierten Strahlen habe ich nicht bemerken können.

Infolge der beschriebenen Intensitätsverteilung der X-Strahlen müssen die Bilder, welche mit einer Lochkamera — bzw. mit einem engen Spalt — von der Platinplatte, sei es auf dem Fluoreszenzschirm oder auf der photographischen Platte, erhalten werden, um so intensiver sein, je größer der Winkel ist, den die Platinplatte mit dem Schirm oder der photographischen Platte bildet; vorausgesetzt, daß dieser Winkel 80° nicht überschreitet. Durch ge-

eignete Vorrichtungen, welche gestatteten, die bei verschiedenen Winkeln mit derselben Entladungsröhre gleichzeitig erhaltenen Bilder miteinander zu vergleichen, konnte ich diese Folgerung bestätigen. . . .

Auch mit Rücksicht auf die Technik der Herstellung von Schattenbildern mittels X-Strahlen haben die Beobachtungen über die Intensitätsverteilung der von der Platinplatte ausgehenden Strahlen eine gewisse Bedeutung. Nach dem oben Mitgeteilten wird es sich empfehlen, die Entladungsröhre so aufzustellen, daß die zur Bildererzeugung verwendeten Strahlen das Platin unter einem möglichst großen, jedoch nicht viel über 80° hinausgehenden Winkel verlassen; dadurch erhält man möglichst scharfe Bilder, und wenn die Platinplatte gut eben und die Konstruktion der Röhre eine derartige ist, daß die schräg emittierten Strahlen keine wesentlich dickere Glaswand zu durchlaufen haben, als die senkrecht von der Platinplatte ausgehenden Strahlen, so erleidet auch die Bestrahlung des Objektes durch die angegebene Anordnung keine Einbuße an Intensität."

4. „Mit ‚Durchlässigkeit eines Körpers' bezeichnete ich in meiner ersten Mitteilung das Verhältnis der Helligkeit eines dicht hinter dem Körper senkrecht zu den Strahlen gehaltenen Fluoreszenzschirmes zu derjenigen Helligkeit des Schirmes, welche dieser ohne Zwischenschaltung des Körpers, aber unter sonst gleichen Verhältnissen zeigt. . . .

Aus diesen und ähnlichen mit Glas und Stanniol angestellten Versuchen entnehmen wir zunächst folgendes Resultat: Denkt man sich die untersuchten Körper in gleich dicke, zu den parallelen Strahlen senkrechte Schichten zerlegt, so ist jede dieser Schichten für die in sie eindringenden Strahlen durchlässiger als die vorhergehende; oder mit anderen Worten: Die spezifische Durchlässigkeit eines Körpers ist um so größer, je dicker der betreffende Körper ist[1])."

6. „Das Verhältnis der Dicken von zwei gleich durchlässigen Platten aus verschiedenem Material ist abhängig von der Dicke und dem Material desjenigen Körpers — z. B. der Glaswand des Entladungsapparates —, den die Strahlen zu durchlaufen haben, bevor sie die betreffenden Platten erreichen usw."

Von äußerster Wichtigkeit war es, daß Röntgen den Weg fand von der Fluoreszenz der genannten Körper zu der Empfindlichkeit der photographischen Trockenplatte. Auch müssen wir uns immer gegenwärtig halten, daß Röntgen selbst der erste war, der auf dem Schirm

[1]) Dieses Gesetz wurde von Walter-Hamburg mit dem treffenden Namen belegt: Das Röntgensche Absorptionsgesetz.

die tiefen Schatten der Handknochen in dem nur wenig dunklen Schattenbilde der Hand sah.

Von allen den wichtigen Eigenschaften, die den Röntgenschen Strahlen den Stempel der Eigenartigkeit aufdrückten, interessierten uns damals am meisten ihre Fähigkeit, alle Körper je nach deren Dicke und Dichte mehr oder weniger stark zu durchdringen, und ihre Wirkung auf die photographische Platte; die direkte Betrachtung auf dem Schirm trat zunächst vollkommen zurück.

Die Berichte über wohlgelungene Röntgenaufnahmen mehrten sich von Tag zu Tag. So war es denn nicht zu verwundern, daß im Neuen allgemeinen Krankenhause zu Hamburg-Eppendorf auf der chirurgischen Abteilung durch die Initiative des Herrn Oberarzt Dr. Kümmell bereits im Mai 1896 ein Röntgeninstrumentarium angeschafft wurde.

Die Verhältnisse waren damals der Beschaffung einer Einrichtung noch recht ungünstig. Einmal war es schwierig, schnell einen großen Rühmkorffschen Apparat zu bekommen, dann mangelte es vor allem an Röhren, die einigermaßen brauchbar waren, selbst für die anfangs sehr bescheidenen Ansprüche.

Unser erstes Instrumentarium bestand aus einem von Keiser & Schmidt-Berlin gelieferten Rühmkorffschen Apparat; als Stromquelle benutzten wir zunächst zwei im Krankenhaus vorhandene Akkumulatorenbatterien von Reiniger, Gebbert & Schall-Erlangen, die sonst für Licht und Kaustik bei chirurgischen Manipulationen gebraucht wurden. Einige Röhren hatte uns der in der Röhrentechnik so äußerst erfolgreiche Hamburger Elektrotechniker C. H. F. Müller in allen möglichen Formen geliefert. Zu diesem Instrumentarium gehörte noch ein kleines Instrument, das ich seiner historischen Bedeutung wegen beschreibe, ein sogenannter Sucher. Es war das ein kleiner schwarzer Pappzylinder, der an dem einen Ende geschlossen war; auf die innere Bodenseite hatten wir einige Bariumplatincyanürkristalle festgeklebt. War schließlich der Apparat im Gange, und erschien in der Röhre das gewünschte grünlichgelbe Licht, ohne oder mit möglichst geringer Beimischung eines violetten Schimmers, so wurde die Papphülse an ein Auge gedrückt, und nun die Glaswand der Röhre an der von den Kathodenstrahlen getroffenen Stelle abgesucht. Man war glücklich, wenn man das Fluoreszieren der Bariumplatincyanürkristalle erblickte.

Vielleicht haben manche Forscher in den damaligen Tagen ihre ersten Versuche unter glücklicheren Auspizien begonnen als wir, vielleicht wundert sich auch der Leser, warum ich das so lang und breit erzähle. Ich nehme diese vorwurfsvolle Frage gern entgegen und antworte: Gerade diese anfänglichen Mühen, dieses Kämpfen mit technischen Schwierigkeiten, dieses Durchkosten der einfachsten Fehler haben uns mit unseren Apparaten und mit ihrer zweckmäßigen Verwendung erst recht vertraut gemacht.

Auch sind uns diese Erinnerungen an die ersten Tage unseres selbständigen Arbeitens mit dem Röntgen-Instrumentarium lieb und teuer geworden; sie erwecken jedenfalls manchem anderen Röntgenologen eigene Erinnerungen an die schwere Anfangszeit, so daß es gerechtfertigt erscheint, ihrer zu gedenken. Schwer war die Zeit, aber schön. Wie unsäglich belohnt fühlte man seine Arbeit, als das erste Bild gelungen war, wie viel mehr noch, als die zweiten und dritten Bilder besser wurden.

Ganz anders liegen nun die Verhältnisse heute. Man kann jetzt schnell und gut Röntgenapparate jeder Größe von den verschiedensten ausgezeichneten Firmen beziehen. Die einzelnen Fabriken liefern dem Arzte vollständige Einrichtungen. In 3—4 Wochen sieht der Wünschende eins seiner Zimmer zu einem Röntgenkabinett umgewandelt; der Ingenieur für Elektrotechnik bringt die Sache schön in Gang, und das Durchleuchten und Photographieren kann beginnen.

Außerdem haben die elektrotechnischen Fabriken direkte Unterrichtsräume eingerichtet, in denen die Ärzte in kürzerer oder längerer Zeit eine sorgsame Röntgenausbildung erhalten. Ich erinnere nur an die vielseitigen Röntgenkurse für Ärzte unter der Leitung von Heinz Bauer in Berlin, unter Dessauer bei den Veifa-Werken in Frankfurt am Main, bei Reiniger, Gebbert & Schall in Erlangen, Berlin und Leipzig, unter Rosenthal bei der Polyphos-Gesellschaft in München, bei der Sanitas-Gesellschaft in Berlin.

Auch einzelne Spezialärzte der Röntgenologie öffnen in dankenswerter Weise ihre Privatlaboratorien und die Röntgenstationen der Krankenhäuser den Ärzten zur Einführung in die Röntgentechnik, die Röntgenuntersuchung und die Röntgentherapie, während den Medizin-Studierenden vielerorts noch nicht die rechte Gelegenheit gegeben ist, sich mit Röntgenstudien zu befassen.

Ferner steht heute auch ein teilweise gut ausgebildetes Hilfspersonal von Röntgenschwestern und Röntgenwärtern zur Verfügung.

Jedenfalls empfehlen wir dem Arzt an erster Stelle die Ausbildung unter einem Röntgen-Arzt, der aus eigener Erfahrung weiß, was dem Neuling im Röntgenfach am meisten nottut; ein nachfolgender Kursus unter einem Elektrotechniker wird dann bessere Früchte tragen.

Ebenso wird das Studium eines Röntgenbuches immer unentbehrlich bleiben, nicht allein zur Einführung in dieses eigenartige Gebiet, sondern auch zur praktischen Einrichtung des Röntgenlaboratoriums und zur Vertiefung in die bisher üblichen Röntgenmethoden.

I. Teil.

Die Technik des Röntgenverfahrens.

A. Allgemeiner Teil.

Das Röntgeninstrumentarium zerfällt in zwei Hauptteile: erstens den Apparat oder den Apparatenkomplex, der den von irgend einer Elektrizitätsquelle gelieferten elektrischen Strom in einen für unsere Röntgenzwecke passenden Strom umformt (Hochspannungstransformator), und zweitens den Entladungsapparat, die Röntgenröhre, durch die wir diesen umgeformten elektrischen Strom hindurchschicken.

Wir wollen uns demgemäß zunächst beschäftigen mit den

Elektrizitätsquellen.

Als Elektrizitätsquellen haben wir zur Verfügung:

1. Primärelemente, in Form von Tauchbatterien.
2. Sekundärelemente, in Form von Akkumulatorenbatterien.
3. Gleichstromzentralen (vorhandene Elektrizitätswerke, die mittels Dynamomaschinen Gleichstrom für einen größeren Bezirk liefern).
4. Wechselstromzentralen (die entsprechend Wechselstrom oder Drehstrom liefern).
5. Eine eigens für unseren Röntgenbetrieb aufgestellte Dynamomaschine mit Motor- oder sonstigem Antrieb.
6. Influenzmaschinen.

Ehe wir das Wesen, die Vorteile und die Nachteile der einzelnen Elektrizitätsquellen genauer durchsprechen, wollen wir ganz kurz einige allgemeine, zum richtigen Verständnis notwendige Erörterungen vorausschicken.

Wir knüpfen hier am besten an das deutsche Reichsgesetz, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Mai 1898 an, das besagt:

§ 1. Die gesetzlichen Einheiten für elektrische Messungen sind das Ohm, das Ampere und das Volt.

§ 2. Das Ohm ist die Einheit des elektrischen Widerstandes. Es wird dargestellt durch den Widerstand einer Quecksilbersäule von der Temperatur des schmelzenden Eises, deren Länge bei durchweg gleichem, einem Quadratmillimeter gleich zu achtenden Querschnitt 106,3 cm und deren Masse 14,4521 g beträgt.

§ 3. Das Ampere ist die Einheit der elektrischen Stromstärke. Es wird dargestellt durch den unveränderlichen elektrischen Strom, welcher bei dem Durchgange durch eine wäßrige Lösung von Silbernitrat in einer Sekunde 0,001118 g Silber niederschlägt.

§ 4. Das Volt ist die Einheit der elektromotorischen Kraft. Es wird dargestellt durch die elektromotorische Kraft, welche in einem Leiter, dessen Widerstand ein Ohm beträgt, einen elektrischen Strom von einem Ampere erzeugt.

§ 5 a übergehen wir und kommen zu den Ausführungsbestimmungen vom 6. Mai 1901 zu § 5 b, Bezeichnung elektrischer Einheiten:

a) Die Elektrizitätsmenge, welche bei einem Ampere in einer Sekunde durch den Querschnitt der Leitung fließt, heißt eine Amperesekunde (Coulomb), die in einer Stunde hindurchfließende Elektrizitätsmenge heißt eine Amperestunde.

b) Die Leistung eines Ampere in einem Leiter von einem Volt Endspannung heißt ein Watt.

c) Die Arbeit von einem Watt während einer Stunde heißt eine Wattstunde.

d) Die Kapazität eines Kondensators, welcher durch eine Amperesekunde auf ein Volt geladen wird, heißt ein Farad.

e) Der Induktionskoeffizient eines Leiters, in welchem ein Volt induziert wird durch die gleichmäßige Änderung der Stromstärke um ein Ampere in der Sekunde, heißt ein Henry.

Zur Erklärung der eigenartigen elektrischen Vorgänge und Gesetzmäßigkeiten, die mit den obigen terminis technicis präzisiert werden, wollen wir uns zunächst etwas eingehender mit den

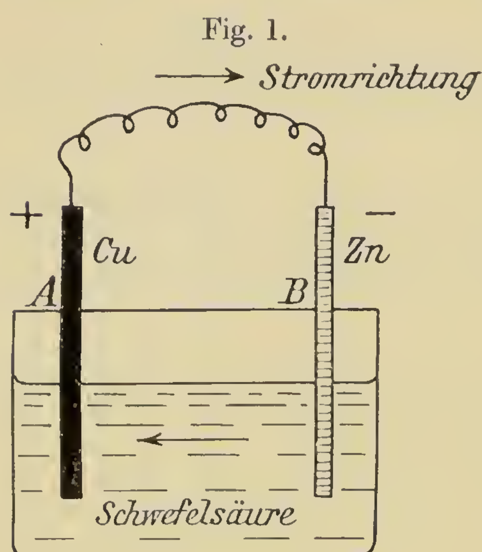
Primärelementen

befassen.

Als einfachstes Beispiel eines Primärelementes diene uns ein Glasgefäß, das mit verdünnter Schwefelsäure angefüllt ist. In diese Säure (genannt Elektrolyt) tauchen zwei Metallplatten (Elektroden), und zwar eine Kupferplatte (Cu) und eine Zinkplatte (Zn) (Voltasches Element). Die oben aus der Säure frei herausragenden Teile der Metallplatten nennen wir ihre Pole. Verbinden wir diese Pole A und B durch einen Kupferdraht, d. h. schließen wir das

Element, so treten in diesem Draht und in seiner Umgebung fortgesetzt gewisse Erscheinungen auf (z. B. Erwärmung des Leitungsdrahtes, Ablenkung einer genäherten Magnetnadel usw.), die zu dem Ausdruck Veranlassung gegeben haben: es fließt dauernd ein elektrischer Strom in dem geschlossenen Kreise: Kupfer-äußerer Draht-Zink-Säure-Kupfer, den wir einen einfachen Stromkreis nennen (Verbindungsdraht = äußerer, Elementteile = innerer Stromkreis).

Fig. 1.



Bei der Reibungselektrizität haben wir uns gewöhnt, die geriebene Glasstange positiv elektrisch und die geriebene Siegellackstange negativ elektrisch zu nennen.

Dementsprechend unterscheiden wir auch an unserem Element einen positiven (+) und einen negativen (—) Pol. Nach dem Gesetz, daß gleichnamig elektrisierte Körper einander abstoßen, ungleichnamig elektrisierte Körper einander anziehen, können wir an unserem und jedem anderen Element, dessen Pole nicht durch einen äußeren Draht verbunden sind (das Element ist offen), die Wertigkeit der Pole bestimmen. Ein an einem Seidenfaden hängendes Holundermarkkügelchen, das von einer geriebenen Siegellackstange (—) aus elektrisch gemacht ist, wird vom Kupferpol unseres Elementes angezogen, dagegen vom Zinkpol abgestoßen. Folglich dürfen wir den Kupferpol (Cu) unseres Elementes als positiven (+) Pol und den Zinkpol als negativen (—) Pol bezeichnen.

Die Stromrichtung beim galvanischen Element wird nach Übereinkunft durch die Pole bestimmt; wir sagen, der Strom fließt vom positiven Kupferpol im äußeren Stromkreis zum negativen Zinkpol, und weiter im inneren Stromkreis vom Zinkpol zum Kupferpol zurück usw.

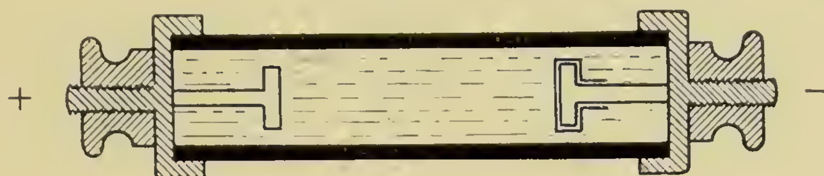
Um in einem beliebigen Stromkreis die Stromrichtung schnell zu bestimmen, verwenden wir das sogenannte Polreagenzpapier (Fließpapier mit Kaliumsulfat + Phenolphtalein imprägniert). Wir öffnen hierzu den äußeren Stromkreis irgendwo und legen die beiden getrennten Polenden fest auf ein Stück angefeuchteten Polreagenzpapiers; da, wo im Papier ein roter Fleck entsteht, haben wir den negativen Pol (genannt Kathode); während am anderen Polende im Papier keine Farbenveränderung zu sehen ist: dies ist dann der positive Pol (genannt Anode).

Noch praktischer ist der Polsucher (Fig. 2). Er besteht aus einer Glasröhre mit zwei Metallelektroden, die mit einer mit etwas Phenol-

phtalein versetzten Lösung eines Alkalisalzes gefüllt ist. Beim Anschluß an einen Stromkreis tritt an der einen Elektrode (entsprechend dem Polreagenzpapier) in der Flüssigkeit eine rote Färbung auf (= negativer Pol), die durch Umschütteln wieder zum Verschwinden gebracht wird.

Wodurch kommt nun die Elektrizität in unserem Element überhaupt zustande? Wir wissen heute, daß es die chemischen Vorgänge, die Auflösung der Metalle in der Säure sind, welche die Elektrizität entstehen lassen.

Fig. 2.



Wie nun innerhalb einer gewöhnlichen Wasserleitung ein Fließen des Wasserstromes nur dadurch stattfindet, daß das Wasserreservoir höher liegt als die Abzapfstelle, daß also ein Höhenunterschied, eine Niveaudifferenz und damit eine Druckdifferenz innerhalb der Wasserleitung vorhanden ist, so verhält es sich ganz ähnlich mit dem Fließen eines elektrischen Stromes. Es fließt nämlich durch den äußeren Verbindungsdraht der Pole unseres Elementes und durch sein Inneres nur dadurch ein elektrischer Strom, daß die beiden Platten Cu und Zn durch ihr Eintauchen in die verdünnte Schwefelsäure einen Spannungsunterschied, eine Potentialdifferenz aufweisen.

Beim offenen Element finden wir, wie schon oben erwähnt, durch die infolge Ungleichheit der chemischen Vorgänge an den beiden Elektroden herrschende, sogenannte elektrische Scheidungskraft an der Zinkplatte eine negative Spannung gegenüber der positiven Spannung der verdünnten Schwefelsäure. Weiter ist die Spannung der Kupferplatte beträchtlich höher als die der Schwefelsäure. In Zahlen ausgedrückt, hat das Kupfer so viel positive Elektrizität, daß seine Spannung um 0.515 Volt höher ist als die der Säure, und daß diese wieder eine um 0.524 Volt höhere Spannung hat als das Zink, so daß also zwischen der Kupfer- und der Zinkplatte eine Potentialdifferenz von 0,515 + 0,524 = 1,039 Volt besteht. Diese Spannungsdifferenz nennen wir die elektromotorische Kraft, und zwar hängt diese in jedem offenen galvanischen Element immer nur von der Natur der betreffenden Metalle und der Flüssigkeit ab; während mit der Größe und Form der Elektroden und der Flüssigkeitsmenge die Strommenge wächst.

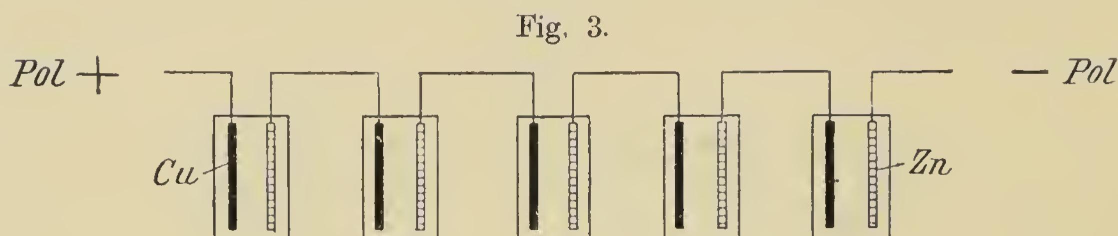
Stellen wir eine Anzahl solcher galvanischer Elemente hintereinander und verbinden wir die Kupferplatte des ersten mit der Zinkplatte des zweiten usw., so summieren sich die Spannungsunterschiede, so daß also bei einer solchen hintereinander (in Reihe oder

auf Spannung) verbundenen Kette (Batterie) von beispielsweise fünf Elementen (Fig. 3) die elektromotorische Kraft 5 × 1,039 = 5,195 Volt beträgt.

In solcher Batterie enden nur die erste Kupferplatte und die letzte Zinkplatte als die Pole der Kette frei.

Verbinden wir nun die Pole eines Elementes oder einer Batterie

Fig. 3.



nacheinander mit verschiedenartigen Stoffen, so finden wir, daß durch einige Stoffe (Leiter genannt) der elektrische Strom fließt, während andere (Nichtleiter, Isolatoren genannt) keinen Strom erkennen lassen.

Leiter sind alle Metalle, Kohle und die meisten Flüssigkeiten.

Nichtleiter sind Glas, Porzellan, Öle, Harze, alle Gummiarten, trockenes Holz, Papier und fast alle Gase; unter den letzteren ist am wichtigsten für uns die atmosphärische Luft.

Will man den elektrischen Strom fortleiten, so muß der Leiter gut isoliert, also in seiner ganzen Ausdehnung von Nichtleitern umgeben sein (z. B. der Kupferdraht ist durch die Luft geführt und an Porzellanglocken befestigt, oder der Kupferdraht ist mit einem Isolator wie Seide, Gummi, Papier umsponnen).

Die Leiter selbst teilt man ein in Leiter erster Klasse (Metalle, einige Metallsuperoxyde wie Braunstein, Bleisuperoxyd usw.) und in Leiter zweiter Klasse (Lösungen von Säuren in Wasser. von Salzen in Wasser, geschmolzene Salze); letztere ergeben mit den Leitern erster Klasse kombiniert große Spannungsunterschiede.

Wie nun innerhalb einer Wasserleitung die Rohre dem Wasserdurchfluß (durch die Reibung des Wassers an den Rohrwänden) ein gewisses Hindernis, einen Widerstand bieten, so verhalten sich ähnlich die Leitungsdrähte oder Lösungen für den elektrischen Strom.

Der Widerstand eines Rohres für den Wasserstrom wächst mit der Rohrlänge, mit der Rohrenge und mit der Rauhigkeit des Rohrinneren (ist also schließlich auch abhängig vom Material des Rohres).

Ganz das gleiche Abhängigkeitsverhältnis besteht für die Elektrizität. Der Widerstand eines Drahtes z. B. ist zunächst verschieden je nach dem Material; mit anderen Worten: jeder Draht hat einen seiner Substanz entsprechenden spezifischen Wi-

derstand oder, umgekehrt ausgesprochen, eine seiner Substanz entsprechende spezifische Leitfähigkeit. So leitet Silber den elektrischen Strom am besten, fast gleich gut leitet Kupfer, an dritter Stelle kommt Gold, an vierter Aluminium. Gaskohle leitet den elektrischen Strom ungefähr viertausendmal so schlecht wie Kupfer, und Flüssigkeiten noch viel schlechter. Trotzdem gelten diese noch als sehr gute Leiter gegenüber der atmosphärischen Luft, gegenüber Porzellan und allen sonstigen Isolatoren.

Ein Kupferdraht leitet also seiner Substanz nach vorzüglich (gute Leitfähigkeit), er bietet dem Stromdurchgang einen sehr geringen spezifischen Widerstand; sein Widerstand wächst aber mit der Länge und Enge, wie beim Wasserrohrvergleich, oder umgekehrt ausgedrückt: ein dickerer und kürzerer Draht setzt dem Stromdurchfluß weniger Widerstand entgegen, hat eine bessere Leitfähigkeit. Physikalisch gesprochen ist der Widerstand von zylindrischen Leitern (Drähten) proportional ihrer Länge und umgekehrt proportional ihrem Querschnitt (Widerstand eines Leiters = spezifischer Widerstand $\times \frac{\text{Länge}}{\text{Querschnitt}}$). Jeder Leiter erster Klasse wird nun durch den durchfließenden Strom erwärmt (Joulesche Wärme), und zwar wird die Wärmemenge um so größer, je längere Zeit der Strom fließt, je kräftiger der Strom ist und je größer der Widerstand des Leiters ist.

Drahtarten, die dem elektrischen Strom einen größeren Widerstand bieten, werden wir später noch kennen lernen; sie dienen dazu, die Strommenge und -stärke bei der Zuführung zu unseren Apparaten genau zu dosieren, und damit die Leistung unserer verschiedenen Apparate zu steigern oder abzuschwächen (Rheostaten).

Außerdem wollen wir uns hier noch daran erinnern, daß an der Lötstelle zweier Metalle beim Durchfließen eines elektrischen Stromes je nach seiner Richtung eine besondere Erwärmung oder Abkühlung entsteht; und umgekehrt, daß eine äußere Erwärmung oder Abkühlung der Lötstelle zweier zu einem geschlossenen Kreise verbundenen Metalle einen elektrischen Strom hervorbringt. Auch diese nach ihrem Entdecker Peltier als Peltiersche Wirkung bezeichnete Erscheinung werden wir später noch kennen lernen (Thermosäule).

Im bisherigen haben wir neben anderem als treibende Kraft des elektrischen Stromes die sogenannte elektromotorische Kraft, die Spannung, kennen gelernt und ferner die genaueren Verhältnisse des Widerstandes in Leitern. Nunmehr wollen wie die Stromstärke behandeln.

Man nennt diejenige Elektrizitätsmenge, die in der Zeiteinheit

(einer Sekunde) durch irgend einen Leitungsquerschnitt fließt, die Stromstärke oder Stromintensität.

Gerade wie das Wasser bei größerem Druck in größerer Menge und mit größerer Kraft durch ein Rohr fließt, ebenso bewirkt die größere Spannung, die in einem bestimmten Stromkreis herrscht, das Zustandekommen eines stärkeren elektrischen Stromes, einer größeren Stromstärke, und zwar ist die Stromstärke direkt proportional der Spannung.

Lassen wir nun Wasser bei gleichem Druck durch verschieden weite Rohre fließen, so erhalten wir aus weiten Rohren in der Zeiteinheit eine größere Wassermenge mit größerer Kraft als aus einem engen Rohr. In analoger Weise wird bei geringerem Widerstand (bei unveränderter Spannung) die Stromstärke zunehmen; die Stromstärke ist dem gesamten Widerstand des Stromkreises umgekehrt proportional.

Wir betonen „dem gesamten Widerstand des Stromkreises" und erinnern uns hier, daß wir an dem einfachen geschlossenen Stromkreis unseres Voltaschen Elementes einen äußeren (Verbindungsdraht) und einen inneren (Elementteile) Stromkreis unterschieden. Demgemäß setzt sich der gesamte Widerstand eines Stromkreises zusammen aus dem äußeren und inneren Widerstand.

Durch Zusammenfassen der beiden obigen Gesetzmäßigkeiten erhalten wir das Ohmsche Gesetz: In jedem einfachen geschlossenen Stromkreis ist die Stromstärke gleich der elektromotorischen Kraft, dividiert durch den Gesamtwiderstand.

Bezeichnen wir die Stromstärke mit J, die elektromotorische Kraft mit E und den Gesamtwiderstand mit W, so ergibt sich die Gleichung:

$$J = \frac{E}{W} \text{ oder } E = J \times W$$

(d. h. die elektromotorische Kraft ist gleich dem Produkt aus Stromstärke und Widerstand) oder

$$W = \frac{E}{J}$$

(d. h. der Widerstand ist gleich der elektromotorischen Kraft, dividiert durch die Stromstärke).

Da wir aus den zu Anfang dieses Kapitels angeführten Paragraphen als die gesetzlichen Einheiten für den elektrischen Widerstand das Ohm, für die elektrische Stromstärke das Ampere, für die elektromotorische Kraft das Volt kennen gelernt haben, so schreiben wir das Ohmsche Gesetz auch folgendermaßen:

$$1 \text{ Ampere} = \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ohm}}.$$

Kehren wir nunmehr zu dem einfachen geschlossenen Stromkreis des Voltaschen Elementes zurück; der Kreis A C D E B A (Fig. 4) bedeute den ganzen geschlossenen Stromkreis, der Kreisbogen von A über D bis B den äußeren Stromkreis. Es kann nun dieser Stromkreis an verschiedenen Stellen verschieden große Querschnitte haben, stets muß bei einem konstanten Strome durch jeden Querschnitt in einer Sekunde die gleiche

Fig. 4.

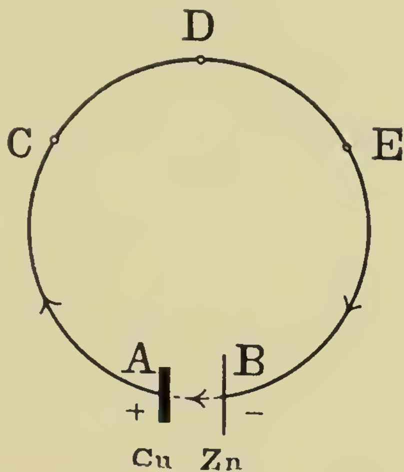
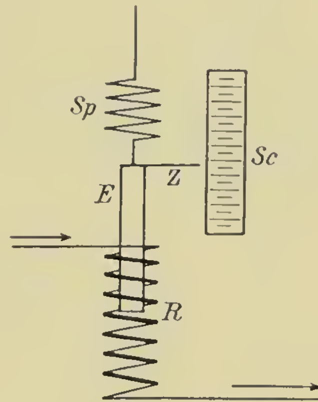


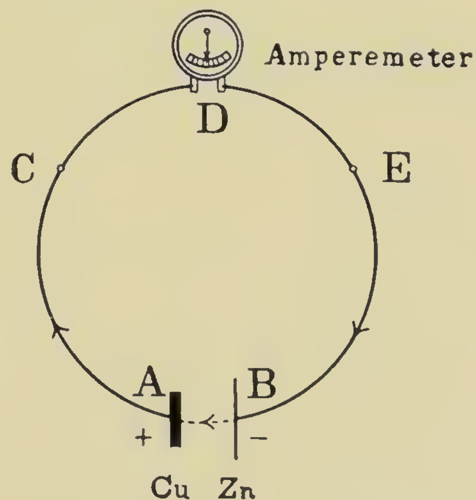
Fig. 5.



Menge Elektrizität fließen, also an jedem Punkt die gleiche Stromstärke herrschen. Um die Stromstärke jederzeit bequem messen zu können, benutzen wir das Amperemeter.

Je stärker nämlich ein elektrischer Strom ist, um so stärker sind seine Wirkungen, z. B. auch seine magnetischen Wirkungen. Die schematische Zeichnung Fig. 5 zeigt uns die Grundlage eines Amperemeters. An der Spiralfeder Sp hängt der Eisenstab E, der oben rechts den Zeiger Z trägt. Durch die Drahtrolle R fließt der zu messende elektrische Strom. Je stärker dieser Strom ist, desto tiefer wird der Eisenstab E in die Drahtrolle hineingezogen. Der Zeiger zeigt dann auf der vorher empirisch nach Ampere geeichten Skala Sc die Stromstärke in Ampereeinheiten genau an. Wir müssen nur dafür sorgen, daß das Einschalten des Instrumentes das Fließen des Stromes nicht stört, sein Widerstand muß sehr klein sein. Dies erreichen wir dadurch, daß die Drahtrolle R nur aus ganz *wenigen* oder nur *einer Windung dicken Drahtes* besteht.

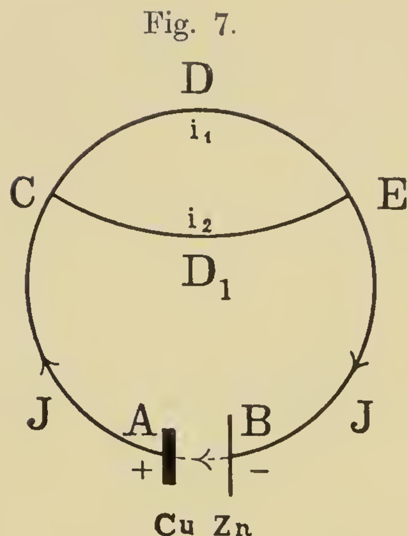
Fig. 6.



Das Amperemeter wird also an irgend einer beliebigen Stelle in den äußeren Stromkreis, z. B. bei D (Fig. 6) eingeschaltet.

Wir haben bisher immer von einem einfachen geschlossenen Stromkreis gesprochen. Nehmen wir an, der Stromkreis weise eine Verzweigung auf (Fig. 7), er habe also zwischen C und E die beiden gleichlangen und mit dem übrigen Stromweg gleich dicken Drahtwege C D E und C D_1 E zur Verfügung, dann bestehen folgende von Kirchhoff aufgestellten Gesetze:

Fig. 7.



1. Die Summe der Stromstärken i_1 und i_2 in den beiden (ebenso in drei, vier oder mehr) Verzweigungen ist gleich der in der ungeteilten Bahn fließenden Stromstärke:

$$J = i_1 + i_2.$$

Da nun durch den Spannungsunterschied zwischen C und E die Elektrizität sowohl durch C D E wie durch C D_1 E gleichmäßig getrieben wird, so ist

$$\text{die Stromstärke in C D E} = \frac{\text{Spannungsunterschied zwischen C und E}}{\text{Widerstand von C D E}}$$

$$\text{und die Stromstärke in C } D_1 \text{ E} = \frac{\text{Spannungsunterschied zwischen C und E}}{\text{Widerstand C } D_1 \text{ E}}$$

Hieraus folgt das zweite Kirchhoffsche Gesetz:

2. Die Stromstärken i_1 und i_2 in den beiden (ebenso in drei, vier oder mehr) Verzweigungen verhalten sich gegenseitig umgekehrt proportional ihren Widerständen.

Da in unserem angenommenen Falle (Fig. 7) die Wege C D E und C D_1 E ganz gleiche Widerstände darstellen, so fließt durch jeden Weg ein gleich starker Strom, der halb so stark ist als der Hauptstrom J.

$$i_1 = \frac{J}{2} \text{ und } i_2 = \frac{J}{2}.$$

$$i_1 + i_2 = \frac{J}{2} + \frac{J}{2} = J.$$

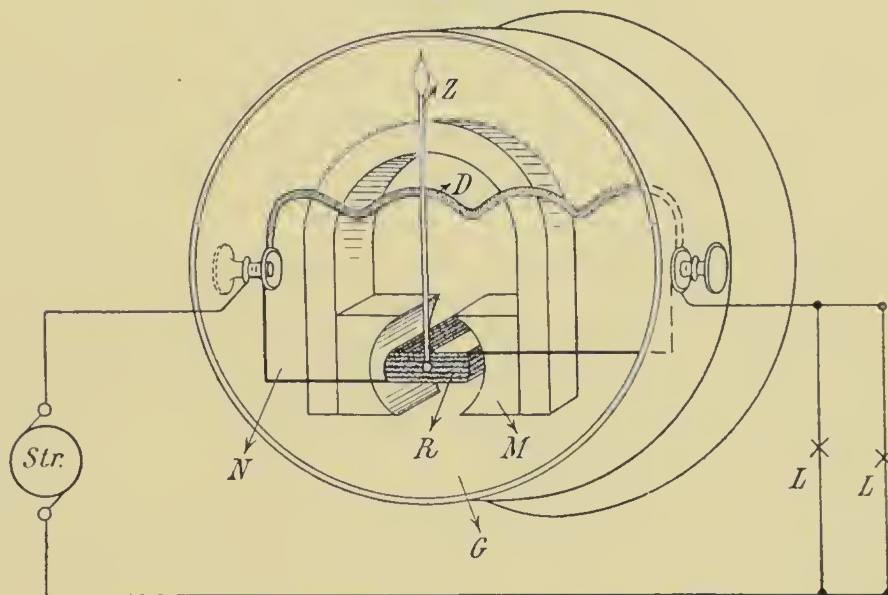
Der Strom hat nun von A—C den Widerstand eines Drahtquerschnittes, aber von C—E zwei gleiche Drahtquerschnitte. Letztere summieren sich und verringern demnach für den ganzen Strom ($J = i_1 + i_2$) berechnet den Widerstand auf die Hälfte.

Aus dem vorhergehenden ergibt sich also, daß 1. Widerstände, die hintereinander (in Serie) geschaltet sind (wie A C + C D E + E B), sich einfach addieren, d. h. ihr Gesamtwiderstand ist gleich der Summe der einzelnen Widerstände; 2. Widerstände, die nebeneinander (parallel) geschaltet sind (wie C D E neben C D_1 E), sich verhalten wie ein

einziger Widerstand von einem Querschnitt, der gleich der Summe der Einzelquerschnitte ist, d. h. die Gesamtleitfähigkeit ist gleich der Summe der Einzelleitfähigkeiten.

In unserem Beispiel (Fig. 7) waren C D E und C D_1 E von gleichem Material, gleicher Länge und gleicher Dicke, folglich waren die Stromstärken i_1 und i_2 auch ganz gleich. Ersetze ich nun aber den zweiten Draht C D_1 E durch einen ganz dünnen Draht (mit viel größerem Widerstand), so nennen wir diesen Verbindungsweg einen Nebenschluß. In diesem Nebenschluß fließt dann nach dem zweiten Kirchhoffschen Gesetz ein Strom von entsprechend geringerer Stromstärke, aber der Spannungsunterschied ist in dem Nebenschluß zwischen C und E derselbe, wie im Hauptschluß zwischen C und E. Solchen Nebenschluß benutzen wir praktischer-

Fig. 8.



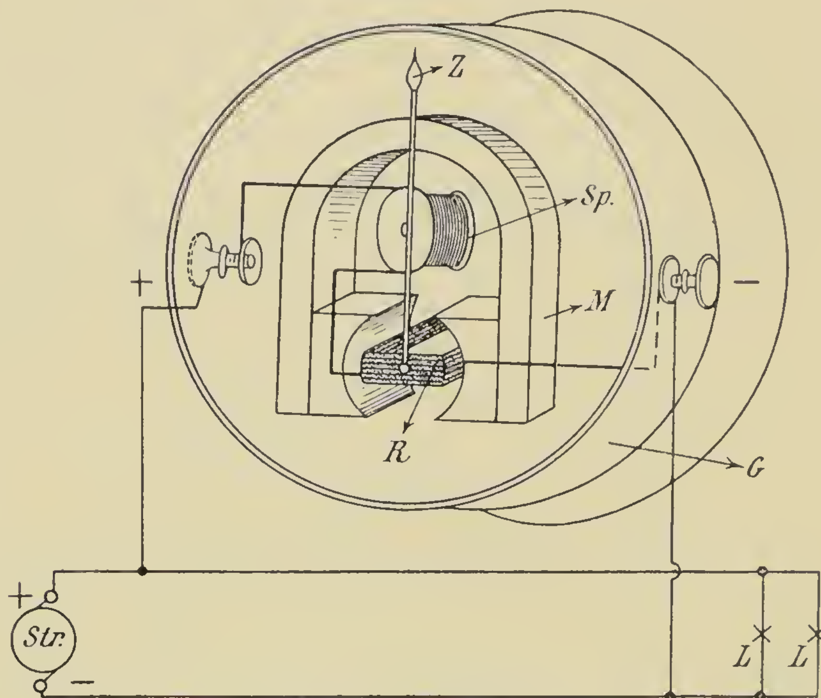
weise, um die Spannungsdifferenz unseres Stromkreises zwischen den Polklemmen oder zwischen zwei beliebigen Punkten desselben in Volt zu messen. Das entsprechende Instrument wird Voltmeter genannt. Die folgenden Figuren 8, 9 und 10 erläutern die Unterschiede in Schaltung und Wirkungsweise der Meßapparate für Stromstärke und für Spannung.

Das Amperemeter (Fig. 8, dessen Gehäuse G ist) liegt im Stromkreis mit der Stromquelle Str. und den Verbrauchern L L, d. h. in Hintereinanderschaltung mit den Verbrauchern. Der Strom nimmt seinen Weg durch den dicken Draht D bezw. durch den im Nebenschluß zu diesem Draht liegenden Spulenkörper oder Anker R. M ist ein Magnet. Bei Stromdurchgang dreht sich der Spulenkörper R um seine Achse in bestimmten Verhältnissen, die durch den gekuppelten Zeiger Z auf einer Skala angezeigt werden.

Das Voltmeter (Fig. 9, dessen Gehäuse G, dessen Magnet M ist) liegt parallel zu den Verbrauchern. Der Strom nimmt hierbei erst seinen Weg durch eine Vorschaltspule und tritt dann in den Spulenkörper R bezw. Anker und ruft hier eine Drehung desselben um die eigene Achse

hervor. Die Drehungsverhältnisse werden auf einer Spannungsskala durch den Zeiger Z angedeutet. Es passiert also die Drahtspule ein Strom von verschwindend kleiner Stromstärke, und der Zeiger über der Skala wird nur dann seine Stellung ändern und damit eine größere

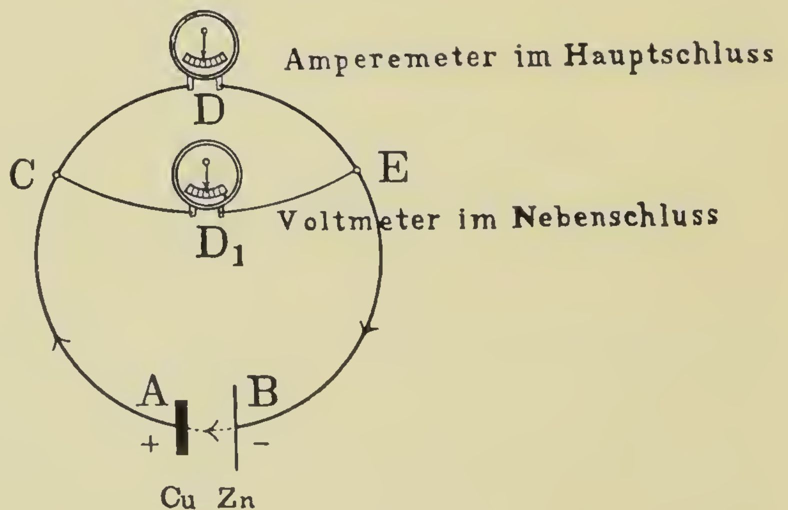
Fig. 9.



oder geringere Zahl Volt anzeigen, wenn sich die Spannung zwischen den beiden Stellen, wo der Nebenschluß angeschlossen ist, ändert, also in Fig. 10 zwischen C und E.

Denken wir uns nunmehr einen äußeren Stromkreis A B C D E F G mit der Potentialdifferenz von 1 Volt zu einer geraden Strecke wie in Fig. 11

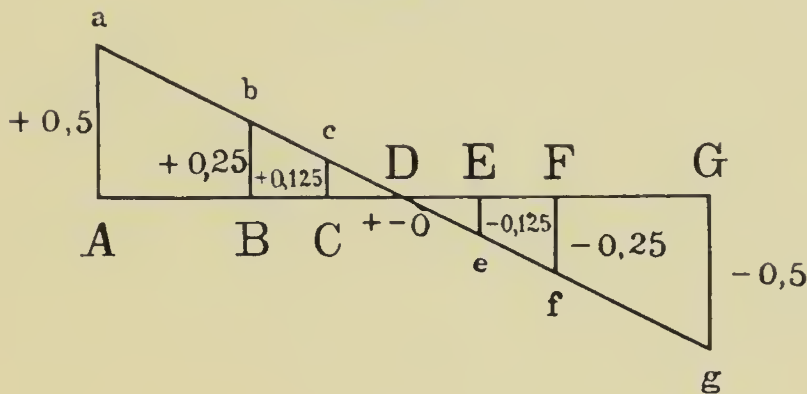
Fig. 10.



ausgezogen, so herrscht im Punkt A die positive Spannung A a = + 0,5 Volt gegenüber der negativen Spannung G g = — 0,5 Volt im Endpunkt G. An den zwischenliegenden Punkten B C D E F hat die Spannung die entsprechend eingezeichneten Werte. Zwischen B und G herrscht also

nur eine Spannungsdifferenz von 0,75 Volt, zwischen B und F eine solche von 0,5 Volt usw. Kurz, der Strom erleidet beim Durchströmen durch ein Drahtstück einen bestimmten Spannungsverlust, und zwar herrscht wie im ganzen Stromkreis, so in jedem Teilstück gleichermaßen das Ohmsche Gesetz, so daß dieser

Fig. 11.



Spannungsverlust (in Volt) gleich ist dem Produkt aus der Stromstärke (in Ampere) und dem Widerstande des betreffenden Leiters (in Ohm) (siehe S. 18).

Kehren wir nach der kurzgefaßten Darstellung dieser für das Röntgenverständnis wichtigen elektrischen Gesetzmäßigkeiten zu den Elektrizitätsquellen zurück.

Tauchbatterien.

Wir können galvanische Primärelemente zur Erzeugung des primären Stromes verwenden, und zwar eignen sich für bescheidene Röntgenansprüche bei nicht zu lange ausgedehntem, aber intensivem Stromverbrauch am besten die Chromsäureelemente; außerdem werden auch die großen, nassen Beutelelemente von Siemens & Halske und die Cupronelemente von Reiniger, Gebbert & Schall empfohlen. Kohl-Chemnitz hat bis zu 20 Chromsäureelemente in handlicher Weise zu einer Batterie derart vereinigt, daß durch eine einfache Kurbelvorrichtung die + Kohle- und — Zinkplatten schnell und bequem in die Füllungsflüssigkeit, die aus doppeltchromsaurem Kali und Schwefelsäure besteht, beim Gebrauch eingetaucht und bei Nichtbenutzung herausgehoben werden. Daher stammt bekanntlich der Name Tauchbatterie. Da wir nur mit einer mittleren Spannung von 1,5 Volt pro Element rechnen dürfen, ist die Anzahl der zum Betrieb nötigen Elemente ungefähr 20 % größer zu wählen als bei Akkumulatoren, außerdem müssen die Elemente selbst recht groß genommen werden, erstens, um eine höhere Stromstärke zur Verfügung zu haben, zweitens, um die Batterie einigermaßen lange benutzen zu können. Denn neben der geringen Konstanz ist der Materialverbrauch in den Elementen derart

beträchtlich, daß schon nach kurzer Zeit bei dem intensiven Röntgenbetrieb eine Nach- oder Neufüllung der einzelnen Elemente stattfinden muß.

Ähnlich verhält es sich mit den Beutelelementen, denen große Beständigkeit und geringer innerer Widerstand bei großer elektrischer Leistung nachgerühmt wird. Der Betrieb ist aber nur für kleine Induktoren zu empfehlen mit einer Batterie von zirka 30 Elementen und einer Spannung von 22,5 Volt. Der Wehnelt-Unterbrecher kann aber nicht benutzt werden, sondern es kommen zum Betriebe nur die Platin- und Quecksilberunterbrecher, im günstigsten Falle die Motorunterbrecher in Betracht.

Aus alledem ergibt sich, daß die Tauchbatterie mit ihren Nachteilen und Unbequemlichkeiten nur dann zur Lieferung des primären Stromes gewählt werden darf, wenn jede andere Elektrizitätsquelle zur direkten Benutzung und zum Laden von Akkumulatoren oder wenn selbst Gasleitung fehlt; und dies ist ja heute erfreulicherweise eine sehr große Seltenheit.

Akkumulatoren.

An den Akkumulatoren haben wir eine sehr gute, gleichmäßige und zuverlässige Stromquelle.

Mit wenigen Worten sei an das Wesen der Akkumulatorzellen, der Sekundärelemente erinnert. Wir wissen, daß leitende Flüssigkeiten, in die man durch zwei Drähte oder Platten aus gleichem Metall, d. h. hurch zwei Elektroden einen elektrischen Strom schickt, in ihre Bestandteile zerlegt werden. Solche leitenden Flüssigkeiten sind im allgemeinen Lösungen von Säuren und Salzen im Wasser. Den Vorgang dieser Zersetzung nennt man Elektrolyse. Bei jeder derartigen elektrolytischen Zersetzung werden aber gleichzeitig an den Elektroden gewisse Veränderungen hervorgerufen, und zwar werden die beiden Metalle verschieden beeinflußt, so daß, nachdem der Strom die Flüssigkeit eine Weile passiert hat, sich in ihr zwei Metalle von verschiedener Art befinden. Diese Metalle sind nun gegeneinander elektromotorisch wirksam, d. h. es ist aus dieser Zelle gewissermaßen ein galvanisches Element geworden, das einen elektrischen Strom zu liefern imstande ist; den erstgeschilderten Vorgang nennt man Polarisation der Elektroden, den Strom, der von diesen polarisierten Elektroden ausgeht, den Polarisationsstrom. Ein polarisiertes Element hat den Namen sekundäres Element, sekundäre Zelle oder, weil man eben den Strom in einer solchen gewissermaßen ansammeln kann, Akkumulatorzelle. Verbindet man eine Reihe dieser Zellen untereinander, so hat man eine Sekundär- oder Akkumulatorenbatterie.

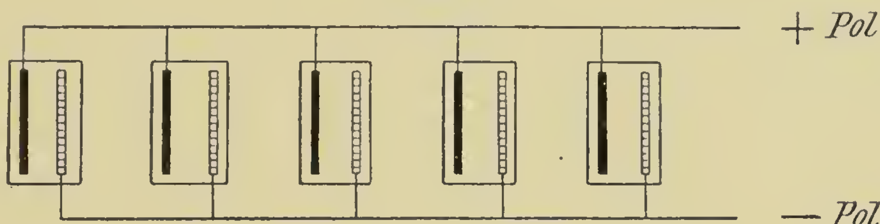
Solche Akkumulatoren werden in ganz vorzüglicher Weise geliefert; sie bestehen im wesentlichen aus einem Gefäß, das mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt und mit positiven und negativen, in besonderer Weise formierten Bleiplatten armiert ist.

Die Spannung einer einzelnen Zelle beträgt, unabhängig von ihrer inneren Größe, etwa 2 Volt. Die Elektrizitätsmenge, die in einer Zelle angesammelt und vor allem bei der Entladung wieder nutzbar abgegeben werden kann, hängt außer von der geometrischen Größe der Zelle, von der Güte ihrer Bauart ab, und zwar besonders von der zweckmäßig eingerichteten Oberfläche der einen Bleiplatte, an der Bleisuperoxyd gebildet wird.

Jede Akkumulatorzelle ist für eine bestimmte Stromstärke gebaut, derart, daß sie einen bestimmten Strom eine bestimmte Zeit lang abzugeben vermag; das Produkt aus dieser Stromstärke und der Entladungszeit nennt man die Kapazität der Akkumulatorzelle. Sie wird in Amperestunden ausgedrückt, d. h. eine Zelle, die für 60 Amperestunden gebaut und dementsprechend geladen ist, gibt einen Strom von 10 Ampere 6 Stunden oder einen Strom von 5 Ampere 12 Stunden lang.

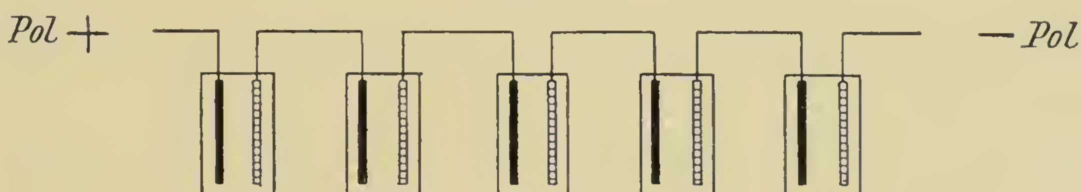
Nehmen wir an, wir hätten fünf solche Akkumulatorzellen mit einer Kapazität von je 60 Amperestunden. Wie bei den Primärelementen können

Fig. 12.



wir auch bei dieser Batterie (Fig. 12) alle positiven Platten für sich und alle negativen Platten für sich untereinander verbinden; wir erhalten dann gewissermaßen eine große Zelle, deren Kapazität gleich der Summe der einzelnen Kapazitäten, also gleich 300 Amperestunden ist, während

Fig. 13.



die Spannung nur 2 Volt beträgt. Man sagt dann, die Zellen sind parallel oder nebeneinander geschaltet. Verbindet man dagegen den negativen Pol der ersten mit dem positiven der zweiten, d. h. alle ungleichnamigen Pole (Fig. 13) untereinander, dann ist die

elektromotorische Kraft gleich zweimal der Anzahl der Zellen, also gleich 10 Volt, die gesamte Stromstärke aber nur gleich der einer einzigen Zelle, gleich 60 Ampere. Die Zellen sind dann hintereinander oder auf Spannung geschaltet, wie wir es bei der Röntgeneinrichtung stets zu tun haben.

Bei der Anschaffung eines Induktors bekommt man stets von der Fabrik die Angabe, wieviel Zellen und in welcher Größe sie nötig sind. Wir raten jedenfalls nach unseren Erfahrungen, die Anzahl und Kapazität der Zellen nicht zu klein zu nehmen. Es ist in jeder Beziehung vorteilhaft, etwas höhere Spannung zur Verfügung zu haben, vor allem, weil wir bei schnellen Unterbrechungen den Funkeninduktor dann besser ausnutzen können. Ich würde also für einen Induktor von 30 cm Funkenlänge mindestens 10 Akkumulatorzellen empfehlen, für einen Induktor von 40 cm Funkenlänge 12 und für einen solchen von 50 cm Funkenlänge 24 Zellen. Wir haben selbst früher bei einem Induktor von 30 cm Funkenlänge 30—50 Volt Spannung verwandt und so ganz vorzüglich gearbeitet.

Beim Ankauf einer Akkumulatorenbatterie bekommt man auch genaueste Vorschriften bezüglich ihrer Füllung und Behandlung. Wir haben ja hierbei die große Unannehmlichkeit, daß der Strom nach einer gewissen Zeit abnimmt und die Batterie von neuem geladen werden muß. Es wäre eigentlich notwendig, um nie in Verlegenheit zu sein, sich zwei Batterien anzuschaffen und abwechselnd mit ihnen zu arbeiten. Doch widerspricht dem der sehr hohe Preis.

Man beachte ferner, daß einer Akkumulatorenbatterie nicht etwa ein Strom von beliebiger Stärke entnommen werden darf, sondern nur eine für jede Type von der Fabrik vorgeschriebene Stromstärke. Auch wenn keine Stromentnahme erfolgt ist, ist es notwendig, alle 4 Wochen eine Neuladung vorzunehmen. Vor allem muß man aber wissen, daß nach Neuladung eine vollgeladene Zelle zuerst ungefähr 2 Volt gibt.

Man soll nun hin und wieder zur Prüfung der Spannung ein Voltmeter mit seinen beiden Drahtenden an die Pole der einzelnen Zellen, möglichst während der Stromentnahme, anlegen und die Batterie neu laden, wenn die einzelnen Zellen bis auf höchstens 1,8 Volt entladen sind.

Zur Ladung der Akkumulatorenbatterie können verschiedene Stromquellen benutzt werden. Voraussetzung ist jedesmal, daß die betreffende Stromquelle Gleichstrom von bestimmter Stromstärke und Spannung liefert, und zwar muß die Spannung des Ladestroms größer sein als die Summe der Akkumulatorenzellen multipliziert mit 2,5. Jedesmal wird der mit + bezeichnete Pol der Batterie mit dem +-Pol der Stromquelle verbunden, desgleichen die —-Pole miteinander.

Am günstigsten liegen die Ladeverhältnisse, wenn eine Gleichstromlichtanlage zur Verfügung steht. Hat die Zentrale 110 Volt Spannung, so können bis 40 Akkumulatorenzellen hintereinander geschaltet auf einmal geladen werden. Immer ist es geboten, einen geeigneten Widerstand zwischen die Stromquelle und die Batterie einzuschalten. Die Fabriken liefern für jede Batterie die genauesten Vorschriften über die erlaubte, nicht zu überschreitende Ladestromstärke; es empfiehlt sich, im Interesse der Batterie, lieber mit niedrigerer Stromstärke zu laden. Passende Ladewiderstände mit Reguliereinrichtung und Amperemeter sind am meisten zu empfehlen. Durch Ausschalten von Widerstand wird hierbei die Stromstärke auf die richtige Höhe gebracht.

Sobald in den einzelnen Zellen, von denen während der Ladung die Verschlußstopfen entfernt werden, eine reichliche Gasentwicklung stattfindet (der Akkumulator kocht) und das Voltmeter für jede Zelle 2,5 Volt Spannung anzeigt, ist die Ladung vollendet.

In einfacherer Weise kann man auch zwischen Stromquelle und Batterie einen Lampenwiderstand zum Laden einschalten. Bei der Bestellung einer solchen müssen die Spannung der Gleichstromzentrale, die Anzahl der Zellen und die maximale Ladestromstärke angegeben werden.

Liefert die Zentrale Wechselstrom oder Drehstrom, so benötigen wir zum Laden der Akkumulatoren noch eines besonderen Apparates, der den Wechselstrom auf irgend eine Weise in Gleichstrom umformt. Empfohlen werden hierfür die mechanisch arbeitenden Wechselstrom-Gleichstromtransformer und die Wechselstromgleichrichter, System Koch; ferner die Wechselstrom-Elektrolytgleichrichter nach Grisson und schließlich noch die Quecksilberdampfgleichrichter.

Alle diese Apparate werden wir noch genauer kennen lernen in dem zweitfolgenden Kapitel, das sich besonders mit den Wechselstrommaschinen beschäftigt.

Sind die geschilderten Ladebedingungen nicht gegeben, ist aber Gasleitung vorhanden, so kann man die Ladung seiner Batterie mit Hilfe einer Thermosäule vornehmen. Das Wesen der Thermoelemente besteht, wie schon S. 17 angeführt, darin, daß die Erwärmung der Lötstelle von zwei zu einem geschlossenen Kreis verbundenen, verschiedenen Metallen einen elektrischen Strom hervorruft. Da die elektromotorische Kraft von Thermoelementen sehr klein ist, hat man, um einigermaßen starke Ströme zu bekommen, eine große Anzahl von Thermoelementen zu der sogenannten Thermosäule hintereinander verbunden. Eine praktische und wirklich verwendbare ist von Gülcher konstruiert worden und von jeder elektrischen Fabrik mit genauer Gebrauchsanweisung zu beziehen. Wir haben selbst mit einer solchen lange Zeit unsere Akkumulatoren geladen und sind stets zufrieden gewesen, nur dauert das

Laden sehr lange. Indessen bedarf die Säule keiner Aufsicht, so daß man regelmäßig nach eventuellem Gebrauch abends oder tagsüber die Batterie anschließt, um sie so stets gut geladen in Bereitschaft zu halten. Eins ist dabei noch zu erwähnen: da die Säule nur eine elektromotorische Kraft von 4 Volt hat, müssen wir jedesmal die Akkumulatorzellen, die ja gewöhnlich hintereinander auf Spannung geschaltet sind, nebeneinander parallel schalten. Ein Umschalter, der dies mit einem Handgriff gestattet, Pachytrop genannt, muß sich an der Batterie befinden. Übrigens kann die Thermosäule unter Umständen auch mit Spiritus oder Petroleum geheizt werden.

Wir sehen aus alledem, daß wir in den Akkumulatoren eine gute und gleichmäßige Stromquelle haben, daß aber auch manche Unbequemlichkeit mit ihnen verbunden ist. Sie müssen kontrolliert, geladen und dazu eventuell sogar transportiert werden, was für sie weder gut, noch bei ihrer großen Schwere bequem ist; zum Betrieb werden die Motorquecksilberunterbreiter verwandt. Wir werden also Akkumulatoren nur dann verwenden, wenn ein direkter Anschluß unseres Röntgenapparates an einen Netzstrom nicht stattfinden kann, wenn dagegen die Möglichkeit besteht, die Batterie an irgend einer nahe gelegenen elektrischen Zentrale oder mit Hilfe einer Thermosäule zu laden.

Gleichstromzentralen.

Sehr günstig liegen im allgemeinen die Bedingungen für den Anschluß des Röntgenapparates, wenn an dem fraglichen Orte ein größeres Elektrizitätswerk Gleichstrom liefert.

Bei den Maschinen, die den Namen Gleichstrommaschinen, Gleichstromdynamos führen, wird in der Maschine selbst Wechselstrom erzeugt; und dieser Wechselstrom wird erst durch einen Kommutator (Gleichrichter) in Gleichstrom verwandelt, so daß also in dem äußeren Gebrauchsstromkreise der elektrische Strom stets die gleiche Richtung hat. Die folgenden Zeichnungen nach Blochmann (Fig. 14) geben uns ein ganz schematisches Bild des Stromverlaufes unter verschiedenen Bedingungen.

I zeigt uns die wellenförmige Kurve des Wechselstroms, wie solcher zunächst in der Maschine selbst entsteht. Der Strom ändert in rascher Folge seine Stärke und Richtung periodisch und gesetzmäßig. In A hat er die Größe Null, nimmt dann bis B, wo er sein Maximum erreicht, zu und sinkt bei C wieder auf 0 zurück. Danach dreht er seine Richtung um, wächst bis D zu seinem Maximum, um bei A wieder bis auf 0 zu sinken. Die Zeit, die eine ganze Welle zwischen A und A (= zwei Halbwellen zwischen A und C und zwischen C und A) zu ihrem Verlauf nötig hat, nennt man eine Periode.

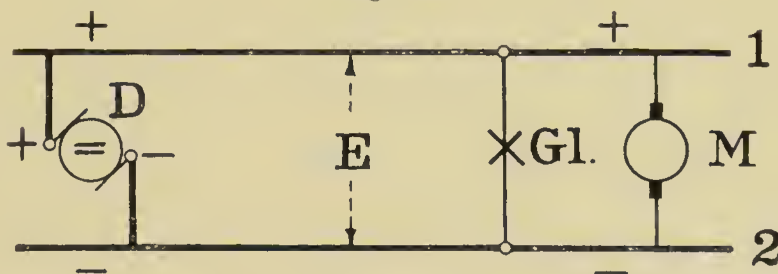
Mittels des Kommutators wird nun die verkehrt gerichtete Halbwelle C D A in die Richtung der ersten Halbwelle A B C gedreht usw., so daß wir das schematische Bild II erhalten. Wir sehen, daß sich die Stärke des Stromes noch immer ändert, und zwar erreicht der kommutierte Gleichstrom während einer Periode zweimal ein Maximum und zweimal den 0-Wert.

Fig. 14.

Durch eine eigenartige Anordnung liefern die Maschinen nun zwei und mehr Perioden, die zeitlich gegeneinander verschoben (in verschiedener Phase) auftreten, wie dies Bild III zeigt. Beide Strömungen summieren sich hier derart nach außen, daß man das Strombild IV erhält. Liefert die Maschine während einer Umdrehung noch mehr, z. B. sechs zeitlich gegeneinander verschobene Perioden, so geht das Kurvenbild in eine fast ganz gerade Linie über, der Strom schwankt nicht mehr nennenswert und schädlich, wir haben den für uns brauchbaren konstanten Gleichstrom: Bild V.

Die Gleichstrommaschinen liefern meist einen Strom von 110 oder 220 Volt Spannung. In der Hauptsache haben wir in Deutschland zwei Verteilungsarten.

Fig. 15.



Die Fig. 15 stellt schematisch ein Gleichstrom-Zweileitersystem dar. Eine Dynamomaschine D mit der Spannung E Volt

speist (meist unter Zuhilfenahme einer Akkumulatorenbatterie) die beiden Leitungen 1 und 2. Die stromverbrauchenden Apparate (kleinere, wie z. B. Glühlampen, mit einem Kreuz und Gl bezeichnet, größere, wie Elektromotore oder Röntgenapparate, mit einem Kreis und M eingezeichnet) werden zwischen die beiden Leitungen 1 und 2, ein jeder parallel zu allen anderen eingeschaltet, so daß also jede Glühlampe, jeder Motor oder Röntgenapparat die gleiche Spannung (Netzspannung) von E Volt erhält. Hierbei dürfen die Hauptleitungen dem Strom nur geringen Widerstand bieten, weil sonst der Spannungsverlust zu groß wird und zu viel Joulesche Wärme entwickelt wird. Da demnach die dicken Leitungsdrähte bei größerer Entfernung zu teuer werden, ist dieses Zweileitersystem nur noch bei kleineren Elektrizitätswerken üblich. Entfernungen von mehr als 800 m sind schon unvorteilhaft.

Viel mehr verbreitet ist wegen der Ersparnis an Leitungsmaterial das Gleichstrom-Dreileitersystem, dargestellt in der folgenden

Fig. 16.

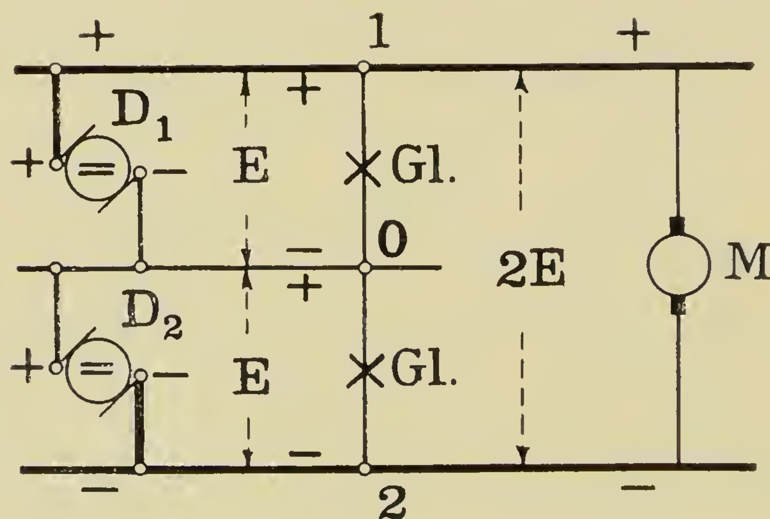


Fig. 16. Zwei Dynamomaschinen D_1 und D_2 von gleicher Spannung E (oder zwei andere Stromquellen) sind hintereinander geschaltet. Es werden sowohl die beiden sogenannten Außenleiter 1 und 2, als auch der sogenannte Mittelleiter (Nulleiter 0) zu den stromverbrauchenden Apparaten geführt. Es gibt demnach sowohl die Spannung einer Dynamo = E, als auch die Spannung beider hintereinander geschalteter Dynamos = 2 E im Netz. Glühlampen und andere kleine Stromverbraucher dürfen zwischen einen Außenleiter (1 oder 2) und den Nulleiter, also mit der Spannung 1 E angeschlossen werden, was für den Konsumenten vorteilhaft ist, da z. B. Glühlampen für 110 Volt eine günstigere Lichtausbeute geben, als solche von 220 Volt, bei den einfachen Röntgenapparaten aber die Spannungen über 110 Volt unrentabel sind und durch entsprechende Nebenschlußwiderstände vermindert werden müssen.

Größere, mehr als 10 Ampere Strom verbrauchende Apparate müssen jedoch, um eine ungleichmäßige Belastung der beiden Netzhälften und dadurch verursachte Spannungsschwankungen zu vermeiden, an die Außenleiter mit der Spannung = 2 E angeschlossen werden. Gebräuchliche Spannungen des Gleichstrom-Dreileitersystems sind 2 E = 2 × 110 und 2 × 220 Volt.

Diese Informationen sind bei der Neuanschaffung eines Röntgenapparates sehr wichtig. Es bedarf nämlich der genauesten Auseinandersetzungen mit dem betreffenden Elektrizitätswerk, damit nicht nachträglich bei der Installation des Röntgenapparates Schwierigkeiten wegen der Stromentnahme entstehen. Das Zweileitersystem ist für den Anschluß des Röntgenapparates im allgemeinen günstiger; nur empfiehlt es sich, vor dem Kauf eines Apparates die Querschnitte der zuführenden Drahtleitungen genau prüfen zu lassen. Sind diese zu dünn, was gelegentlich immer wieder einmal vorkommt, so führt dies zu sehr unangenehmen Differenzen, weil dem Röntgenapparat ein zu schwacher Strom zugeführt wird. Die Leistung des Röntgenapparates ist dann eine ungenügende.

Beim Dreileitersystem wird von der Zentrale der Anschluß des Röntgenapparates zwischen einem Außenleiter und dem Mittelleiter, wie gesagt, nur gestattet bis zu einem Stromverbrauch von 10 Ampere. Man muß also dann seinen Röntgenapparat bei Schnell- und Momentaufnahmen, wo wir Stromstärken bis 40 Ampere oder noch mehr nötig haben, zwischen die Außenleiter anschließen und mit der vollen Spannung von 2 × 110 oder 2 × 220 Volt arbeiten; während man für gewöhnliche Zeitaufnahmen (bis 10 Ampere Stromverbrauch) durch eine geeignete Umschaltvorrichtung die einfache Spannung benutzt.

Was zunächst die Bequemlichkeit und Einfachheit des ganzen Betriebes anlangt, so kann man nicht besser tun, als unter Vorschalt eines geeigneten Widerstandes an eine Gleichstromlichtanlage anzuschließen. Keine Bedienung, keine Kontrolle. niemals ein Mangel des Stroms! In der Wand des Röntgenzimmers. vielleicht auch noch im Operationszimmer oder wo man Röntgenlicht zur Verfügung haben will, befindet sich mit der Zentrale in Verbindung stehend eine Ansteckdose, in die man einen dazu bestimmten Stöpselkontakt mit Kabel einsteckt, dies ist die ganze Mühe zur Beschaffung des primären Stroms. Wir haben es immer sehr angenehm empfunden, bei der so äußerst konstanten Wirkung einer Zentrale stets mit ganz gleichmäßiger Intensität zu arbeiten. Wir können das um so mehr behaupten, da wir immer unter Zwischenschaltung eines empfindlichen Ampere- und Voltmeters experimentiert haben. Sind indessen Motore und andere Apparate, die hohe Stromstärken beanspruchen und ganz unvorhergesehen gebraucht werden, nachbarlich angeschlossen. so entstehen leicht Be-

triebsstörungen; der Stromverbrauch wird dann plötzlich so hoch, daß die Sicherungen durchbrennen. Was den Kostenpunkt anlangt, so stellt sich der Betrieb von einer Zentrale aus ganz erheblich billiger, allerdings ist dabei Voraussetzung, daß der Röntgenapparat für Anschluß an eine Lichtleitung gearbeitet ist. Es ist deshalb notwendig, bei Bestellung eines Induktors gleichzeitig anzugeben, daß er an eine Lichtzentrale angeschlossen werden soll; auch muß bemerkt werden, welche Voltzahl von der Anlage geliefert wird. Ein Punkt wurde früher noch gegen den Anschluß an eine Zentrale ins Feld geführt, nämlich die Unannehmlichkeit, mit seinem Instrumentarium an den Ort gebunden zu sein, während man bei Akkumulatorenverwendung unabhängig an jedem beliebigen Orte Aufnahmen machen kann. Es mag ja zugegeben werden, daß diese Freizügigkeit gelegentlich von Vorteil ist, doch wird es immer zu den seltensten Ausnahmen gehören, daß wir an einen Transport unseres Apparates denken müssen, Ausnahmen, die in keiner Weise bei unserer Einrichtung gegen einen direkten Anschluß in die Wagschale geworfen werden dürfen.

Es kann nach dem Gesagten keinem Zweifel unterliegen, daß der Anschluß an eine Gleichstromanlage viele und große Vorteile gegenüber dem Akkumulatorenbetrieb bietet. Es ist daher nach unseren Erfahrungen jedem zu raten, wenn es möglich ist, sich einen direkten Anschluß herstellen zu lassen, man spart dabei vor allem Zeit, Mühe und Kosten.

Wechselstromzentrale.

Ähnlich günstig liegen heute die Verhältnisse, wenn als Stromquelle für den Röntgenbetrieb in erreichbarer Nähe Wechselstrom zur Verfügung steht.

Über das Wesen des Wechselstroms haben wir bereits im vorigen Kapitel kurz gesprochen. Wir verstehen unter Wechselstrom einen elektrischen Strom, der seine Stärke und Richtung periodisch und gesetzmäßig in schnellster Folge ändert.

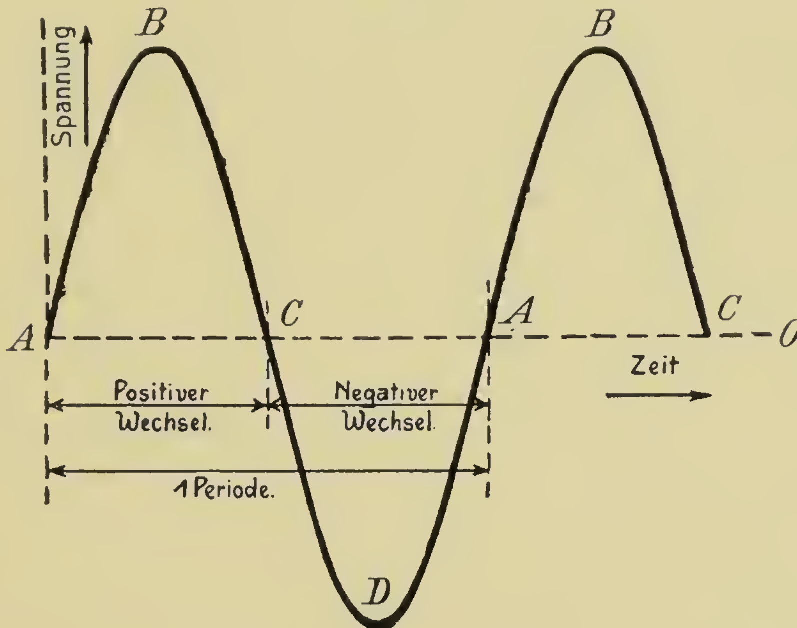
In A (Fig. 17) hat der Wechselstrom die Größe Null, nimmt dann bis B, wo er sein Maximum erreicht, zu und sinkt bis C wieder auf 0 zurück. Jetzt dreht er seine Richtung um, wächst bis D zu seinem Maximum, um bis A wieder auf 0 zu sinken usw. Die Kurve soll zugleich zeigen, daß die Zeiten, in denen der Wechselstrom die Null- und Maximalwerte erreicht, immer gleich weit auseinander liegen, daß ferner die Maximalwerte stets gleich groß sind, daß überhaupt Wachsen und Abnehmen der Stromwellen in vollkommen kongruenter Weise verlaufen.

Die Zeit, die eine ganze Welle von A bis A zu ihrem Verlauf nötig hat, heißt eine P e r i o d e; jede Periode besteht aus einem positiven

Wechsel (zwischen A über B nach C) und einem negativen Wechsel (zwischen C über D nach A). Die bei uns üblichen Wechselstrommaschinen haben in der Sekunde 100 Stromwechsel = 50 Perioden (Periodenzahl, Frequenz).

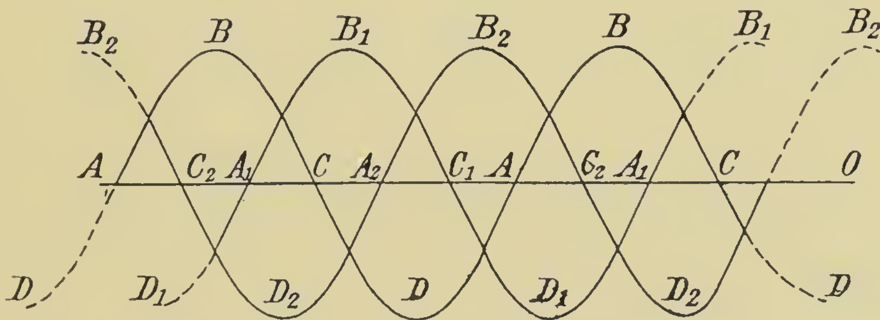
Manche Wechselstrommaschinen (Wechselstromdynamos) liefern diesen in der Kurve (Fig. 17) schematisch dargestellten Wechsel-

Fig. 17.



strom, andere liefern eine Kombination z. B. von drei Wechselströmen, die kurz nacheinander erzeugt werden. Die drei Null- und Maximalwerte werden dann nicht gleichzeitig erreicht, sie sind in ihrer Phase verschoben, so daß sie also, wie Fig. 18

Fig. 18.



zeigt, eine Phasenverschiebung von je einer Drittelperiode gegeneinander haben; zwischen den Scheitelpunkten B und B des Wechselstroms A B C D A B C . . . liegen noch die beiden Scheitelpunkte B_1 und B_2 der Wechselströme $A_1\,B_1\,C_1\,D_1\,A_1$ . . . und $C_2\,D_2\,A_2\,B_2\,C_2\,D_2$. Ein derartiger dreiphasig kombinierter Wechselstrom wird Dreiphasen- oder Drehstrom genannt.

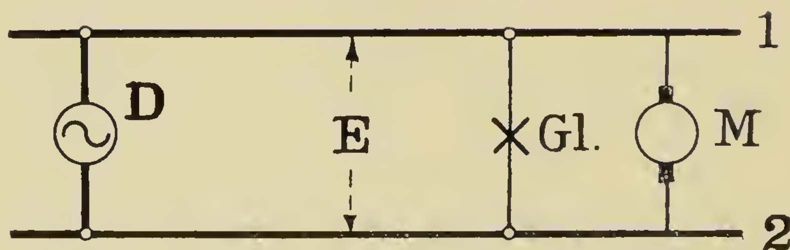
Für die elektrische Kraftübertragung auf große Entfernungen hat die Verwendung des Wechselstroms und besonders des Drehstroms die größten Vorteile gegenüber den Gleichstrommaschinen, in denen sich ohne

Gefährdung der Isolation und des Kommutators höchstens Spannungen von 2000 Volt erzielen lassen. Ein weiterer Vorzug ist, daß sich Wechselströme sehr leicht von niedriger Spannung auf sehr hohe Spannung und umgekehrt transformieren lassen, und zwar mittels sogenannter Transformatoren, deren Prinzip wir im Kapitel über den Bau des Rühmkorffschen Induktionsapparates kennen lernen werden.

Zur Fortleitung auf weite Strecken werden die Drahtleitungen sehr lang. Um Kosten zu sparen, ist man bestrebt, möglichst dünne Drähte zu verwenden. Die Stromstärken in dünnen Drähten dürfen aber (wegen der sonst entstehenden Erwärmung = Verlust = Joule) nur sehr gering sein. Da nun der elektrische Effekt sich darstellt als das Produkt aus Stromstärke und Spannung, so transformieren wir die gewöhnliche Wechselstromspannung auf 10 000, 20 000, 30 000 Volt, die Stromstärke wird dann genau entsprechend niedriger (100 Ampere bei 100 Volt Spannung = 10 000 Watt = 1 Ampere bei 10 000 Volt Spannung). Dieser enorm hoch gespannte Strom wird nun viele Meilen weit in dünneren Drähten billig fortgeleitet, an seinem Bestimmungsort wieder auf eine Spannung von 110 oder 220 Volt zurücktransformiert und nun zu den Verbrauchsstellen verteilt. Die Verteilung des Wechselstroms erfolgt hauptsächlich auf folgende Weise.

Eine Wechselstromdynamomaschine D (Fig. 19) speist die beiden Leitungen 1 und 2. Alle parallel zueinander angeschlossenen Apparate

Fig. 19.



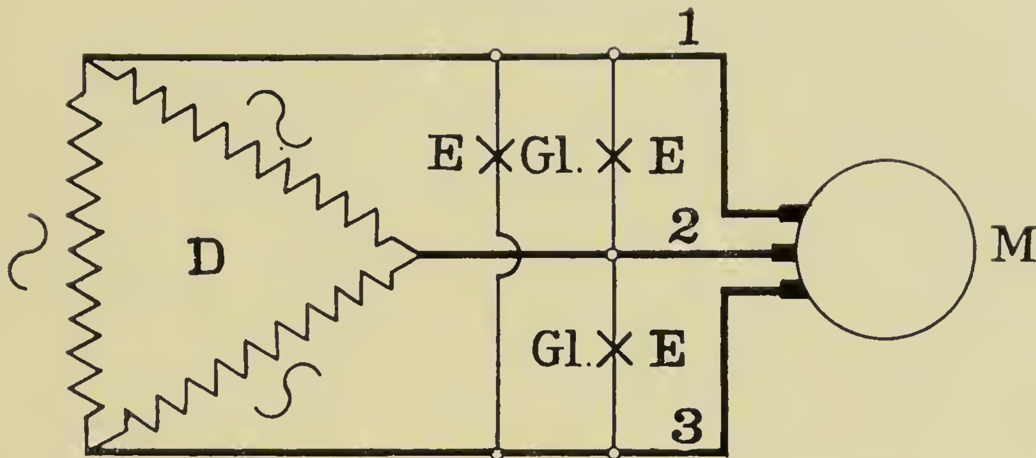
erhalten die gleiche Spannung E. Dieser (Einphasen-)Wechselstrom ist wenig verbreitet im Verhältnis zum Drehstrom.

Von einer Drehstromdynamomaschine D werden drei Leitungen 1, 2 und 3 ins Netz geführt, die alle gegeneinander dieselbe Spannung E haben. So dürfen Glühlampen und andere kleine Stromverbraucher zwischen die Leiter 1 und 2, 2 und 3 oder 1 und 3, wie aus der Fig. 20 ersichtlich, mit der Spannung E geschaltet werden. Apparate mit großem Stromverbrauch, Motore, Röntgenapparate müssen an alle drei Leitungen angeschlossen werden. Übliche Spannungen sind 3 × 110 und 3 × 220 Volt.

Steht ein Wechselstromnetz oder zwei Leiter eines Drehstromnetzes von 65—130 Volt für den Anschluß des Röntgenapparates zur Ver-

fügung, so kann man unter Benutzung des von Siemens & Halske konstruierten Wechselstrom-Wehneltunterbrechers[1]) und der regulierbaren Vorschaltfunkenstrecke im sekundären Stromkreis direkt ohne Anwendung irgend eines Umformapparates arbeiten. Solch Röntgenapparatenkomplex

Fig. 20.



ist sehr preiswert, er arbeitet leidlich gut, gibt eine große Leistung, doch fehlt ihm die weitgehende Regulierfähigkeit.

Wer also seinen Röntgenapparat in jeder Hinsicht auf der Höhe haben will, aber aus irgend welchen Gründen davon absieht, eine unterbrecherlose Röntgeneinrichtung mit rotierendem Hochspannungsgleichrichter zu verwenden, dem ist zu raten, eine der heute technisch sehr vollkommenen Umformmethoden für den Wechsel- oder Drehstrom von 65—250 Volt zu verwenden.

Kommt es weniger auf den Geldpunkt an, so wählt man auch für höhere Wechsel- und Drehstromspannungen am richtigsten einen Zwischenapparat, der den Wechsel- oder Drehstrom in Gleichstrom umformt. Dies erreicht man durch einen Weehsel- oder Drehstrommotor, der eine Gleichstrommaschine antreibt.

Der resultierende Gleichstrom hat alle im vorigen Abschnitt für direkten Röntgenanschluß erwähnten Vorteile.

Der kostspielige rotierende Umformer kann umgangen werden durch Einrichtungen mit Elektrolytgleichrichter und Quecksilberdampfgleichrichter.

Der Elektrolytgleichrichter von Grisson und Siemens & Halske besteht aus einer besonderen Schaltung von zwei oder mehr elektrolytischen Ventilzellen (Graetz scher Zellen). Solche Ventilzelle enthält eine aktive Elektrode aus Aluminium und eine indifferente Elektrode (am besten) aus Eisen; ferner eine gesättigte Lösung aus chemisch reinem Natriumbikarbonat in destilliertem Wasser als Elektrolyt.

---

[1]) Vgl. Kapitel Unterbrecher S. 62.

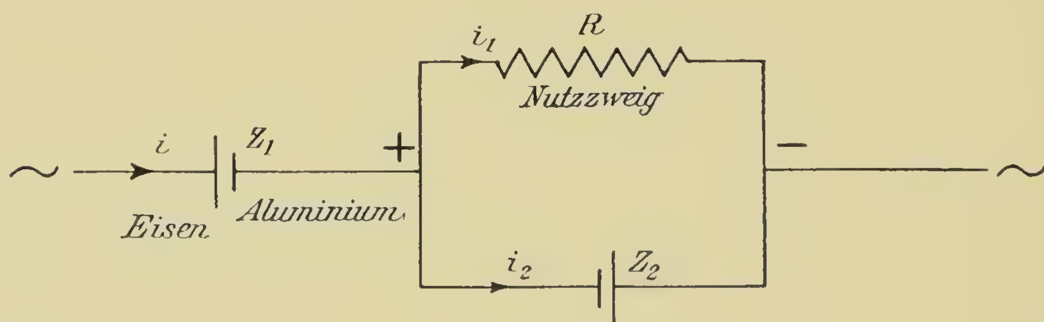
Geht der Strom von der Aluminiumelektrode zur indifferenten Elektrode, so bietet sich ihm nur so viel Widerstand, als durch die von der Flüssigkeit benetzten Oberflächen der Elektroden und die Dimension des Elektrolyten nebst seiner spezifischen Leitfähigkeit gegeben ist. Das sind meistenteils Werte von Bruchteilen eines Ohm, und der Effektverlust innerhalb der Flüssigkeit ist ein äußerst geringer. Fließt dagegen der Strom von der indifferenten Elektrode zur Aluminiumelektrode, so überzieht sich die Aluminiumelektrode durch Elektrolyse sofort mit einer außerordentlich dünnen, glasigen Schicht von Aluminiumhydroxyd. Dieser Vorgang geht um so schneller vor sich, je größere Stromstärken bzw. Spannungen zur Anwendung kommen. Diese Schicht von Aluminiumhydroxyd bildet einen so großen Widerstand, daß der Strom in verhältnismäßig kurzer Zeit auf einen recht geringen Betrag sinkt, z. B. von 20 Ampere auf 0,1 Ampere.

Eine solche Zelle wirkt also, wenn man Wechselstrom durch sie schickt, gleichrichtend insofern, als der Strom nur in der einen Richtung durchgelassen wird, in der die Zelle den geringen Widerstand bietet. In der anderen Richtung steigert sich sofort dieser Widerstand auf eine immense Höhe, die unter Umständen einige tausend Ohm betragen kann.

Gleichstrom wird aus einphasigem Wechselstrom erreicht durch besondere Schaltung von zwei oder mehr Zellen nach zwei verschiedenen Methoden:

a) Es wird für die Umwandlung in Gleichstrom nur die eine Phase des Wechselstroms verwertet, während die zweite Phase geschwächt und

Fig. 21.



von dem zum Röntgenapparat geleiteten Nutzzweig (der also den Gleichstrom führt) ferngehalten werden muß.

Die Schaltung der Ventilzellen Z_1 und Z_2 erfolgt dann gemäß der schematischen Zeichnung (Fig. 21). Die Zelle Z_1 ist eingeschaltet in den Hauptstrom i, der sich dann in die Ströme i_1 und i_2 verzweigt. In der Verzweigung i_2 liegt die Zelle Z_2, während der Röntgenapparat R in den Gleichstrom führenden Nutzzweig eingeschaltet ist.

Bei höheren Netzspannungen, z. B. 220 Volt, werden statt einer

Zelle Z_1 in den Hauptstrom i zwei solche Ventilzellen (in Serie geschaltet) benutzt.

b) Sollen für die Umwandlung in Gleichstrom beide Phasen des Wechselstroms verwertet werden, so sind mindestens vier Ventilzellen erforderlich. Die Schaltung ergibt sich ohne weiteres aus dem Schema Fig. 22.

Fig. 22.

c) Steht Drehstrom zur Verfügung, so werden von jedem Strom beide Phasen für die Umwandlung in Gleichstrom verwertet, entsprechend dem folgenden Schaltungsschema Fig. 23.

Sind übrigens die Ventilzellen frisch gefüllt und neu zusammengesetzt, oder während einiger Stunden nicht mehr in Betrieb gewesen, dann besitzen sie in den ersten Momenten nach Einschaltung des Stroms noch keine Ventilwirkung; sie muß ihnen erst durch richtig dimensionierten Stromdurchgang verliehen werden, ein Vorgang, den man Formierung nennt. Über die Vornahme dieser Formierung werden von den elektrotechnischen Fabriken genaueste Vorschriften gegeben.

R z e w u s k i hat 1911 den Induktorbetrieb mit Wechselstrom und Gleichrichterzellen sehr warm empfohlen; er betont zusammenfassend:

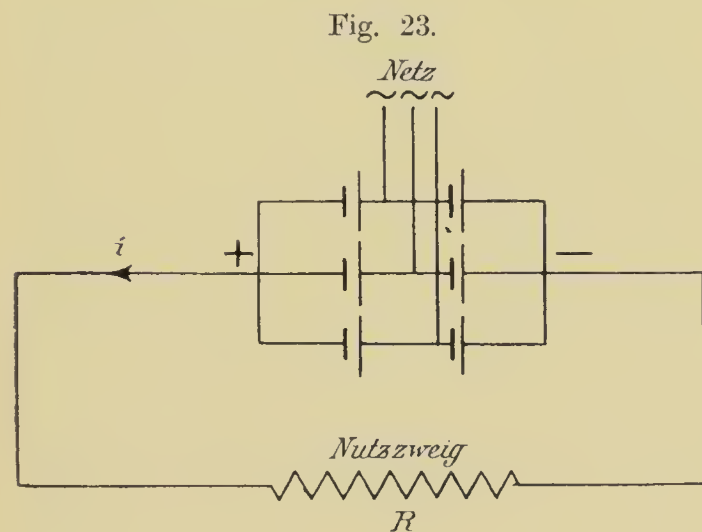


Fig. 23.

1. Der durch G r a e t z-sche Zellen gleichgerichtete Wechselstrom ist in hohem Maße zum Betrieb von Induktorien für Röntgenzwecke geeignet.

2. Dieser pulsierende Gleichstrom übertrifft den reinen Gleichstrom, weil er eine geradezu i d e a l e primäre Stromkurve mit dem Wehnelt-Unterbrecher gibt.

3. Die Steigerung der Spannung am Wehnelt gibt hierbei keine Erhöhung der Unterbrechungszahl (also bei 100 Wechseln pro Sekunde nie mehr als 100 Unterbrechungen) bei richtig gewählter Selbstinduktion der Primärspule.

4. Das Schließungslicht ist so gering, daß es sich auch bei den höchsten mit 240 Volt erreichbaren Belastungen (35—40 Ampere im Gleichstrom-

kreise bei zwei parallel geschalteten Platinstiften im Wehnelt von 1 mm Durchmesser und 10 mm Länge) und weichen Röhren leicht durch eine Ventilröhre unterdrücken läßt.

Der Quecksilberdampfgleichrichter soll sich gleichfalls zur Umwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom eignen. Er wird dargestellt durch ein bestimmtes Modell der Cooper-Hewitt-Lampe, einem luftleeren, mit Quecksilberdampf gefüllten Glasgefäß mit eigenartigen Elektroden, welche die Eigenschaft hat, ein elektrisches Ventil zu bilden, das den Wechselstrom nur in einer Richtung durchläßt.

Übrigens wird dieser Quecksilberdampfgleichrichter sowie der Wechselstromgleichrichter, System Koch, mehr für die Ladung von Akkumulatoren benutzt.

Die Wirkungsweise des Kochschen Gleichrichters beruht darauf, daß der Anker eines polarisierten Unterbrechers synchron im Erregerstromkreis und in gleicher Phase mit dem Wechselstrom schwingt; dieser Anker steuert nun einen Kontakt im Hauptstromkreis derart, daß er jedesmal in den Punkten des Stromrichtungswechsels ausschaltet, so daß bei vollkommen funkenlosem Arbeiten des Kontaktes und geringem Stromverlust nur Stromimpulse einer Richtung zugelassen werden.

Eine eigens für unsere Röntgenzwecke aufgestellte Dynamomaschine kommt für alle die Orte in Frage, wo weder eine Lichtzentrale noch eine sonstige Lademöglichkeit der Akkumulatoren gegeben ist; ferner dann, wenn man mit dem Röntgeninstrumentarium unbedingt freizügig und gänzlich unabhängig von gar nicht vorherzusehenden örtlichen Verhältnissen sein muß.

Man benutzt dann zum Antreiben der Gleichstrommaschine eine eigene Kraftstation, bestehend aus einem Gas-, Benzin- bzw. Spiritus- oder Petroleummotor, oder einem Göpelwerk.

Besonders für Kriegszwecke ist die Wahl dieser Stromquelle unentbehrlich, und es haben sich unsere großen elektrotechnischen Fabriken die Montierung dieser Apparate und des kompletten Röntgeninstrumentariums auf geeigneten Wagen oder Automobilen sehr angelegen sein lassen.

Besondere Verdienste um diese Art von transportablen Röntgenstationen haben sich Schjerning, Stechow, Küttner und Niehus[1]) erworben.

---

[1]) Alles hierher Gehörige ist kritisch zusammengefaßt in der Feldröntgenwagenvorschrift vom 20. Febr. 1909, Berlin 1909, Mittler u. Sohn; vgl. ferner auch: Die Schußverletzungen von Schjerning, Thöle und Voß. Hamburg, Lucas, Gräfe u. Sillem, 1902, S. 13—22.

Röntgeninstrumentarium.

Wir kommen nunmehr zur Besprechung des eigentlichen Röntgenapparates, wie wir kurz und jedem verständlich den Apparat oder den Apparatenkomplex nennen, der den von einer der geschilderten Elektrizitätsquellen gelieferten elektrischen, primären Strom in einen für unsere Zwecke passenden Strom umformt.

Noch vor wenig Jahren hatten wir eigentlich nur Röntgeneinrichtungen mit Induktor- und Unterbrecherbetrieb, während heute außerdem vorzügliche unterbrecherlose Röntgeneinrichtungen zur Verfügung stehen.

Ein Apparat, mit dessen Hilfe wir, allgemein gesprochen, den primären Strom von geringer Spannung, aber verhältnismäßig großer Stromstärke in einen Strom von sehr hoher Spannung, aber geringer Stromstärke umformen können, heißt in der Technik „Hochspannungstransformator“. Nach dem Vorschlage von Koch-Dresden unterscheiden wir in der Röntgentechnik Funkeninduktoren und Funkentransformatoren[1]), indem wir schlechthin unter Induktoren diejenigen Transformatoren verstehen, bei denen der primäre Strom unterbrochen wird, zum Unterschied von den Funkentransformatoren, die ohne Primärunterbrecher arbeiten und einen sogenannten geschlossenen Eisenkern haben.

Funkeninduktoren und Unterbrecher.

Wir wollen auch hier wieder zum richtigen Verständnis einige kurz gehaltene Ausführungen vorausschicken.

In der Fig. 24 sehen wir das obere Ende des Drahtes zwischen C und D zu einer Spirale gestaltet. Der positive Strom fließt von A über C durch die Spirale und über D nach B. Jeder stromdurchflossene Leiter unterscheidet sich nun von einem gewöhnlichen Leiter dadurch, daß der ihn umgebende Raum sich in einem eigenartigen Zustand befindet, den wir magnetisches Feld nennen. Das magnetische Feld um einen geradlinigen Leiter ist sehr schwach, während wir durch Aufrollen des Leiters zu einer Spirale ein viel stärkeres magnetisches Feld erhalten. Also haben wir im Bereich der Spirale zwischen C und D ein kräftiges magnetisches Feld, und zwar wird dieses um so stärker, je mehr Windungen die Spirale, auf 1 cm Länge gerechnet, hat, und je stärker der Strom ist, der durch sie fließt. Da die Spirale länglich gestaltet ist, ähnelt ihr magnetisches Feld durchaus demjenigen eines stabartigen Magneten, es resultiert ein Nordpol und ein

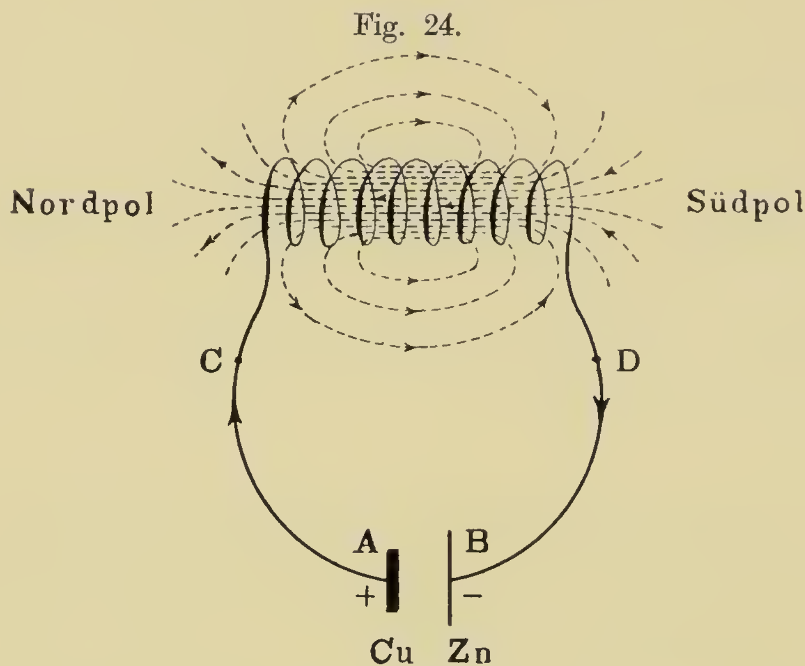
---

[1]) Den Namen „Funkentransformator“ hat Walter-Hamburg geprägt. Siehe Fortschritte, Bd. 8, S. 11 1904/05.

Südpol, und die Kraftlinien strömen immer vom Nordpol in die Luft und in den Südpol wieder ein, wie es in Fig. 24 in den punktierten Linien angedeutet ist; im Innern laufen die Kraftlinien im wesentlichen parallel der Achse der Spirale vom Südpol zum Nordpol, so daß wir hier ein ziemlich gleichmäßiges (homogenes) Feld erhalten. Jede Windung wirkt zugleich auf die nachbarliche Windung, zieht sie an usw., so daß sich die Spirale in der Richtung der Achse zu verkürzen sucht.

In der Fig. 25 haben wir in den Innenraum der Spirale einen Eisenkern eingeschoben, und bei C eine Einrichtung getroffen, durch die das Fließen des galvanischen Stromes unterbrochen werden kann. Der Eisenkern, der z. B. aus einer Menge von etwa 1 mm dicken voneinander isolierten weichen Eisendrähten oder Eisenblechen (mit

Fig. 24.



beiderseitig glattgemachten Enden) bestehen kann, wird und bleibt magnetisch, solange der galvanische Strom fließt (E l e k t r o m a g n e t). Gleichzeitig wird das magnetische Feld der Spirale durch den Eisenkern auch bei gleichbleibendem Strom ganz wesentlich verstärkt; denn es kommt zu der Wirkung des Stromes noch diejenige des Elektromagneten hinzu.

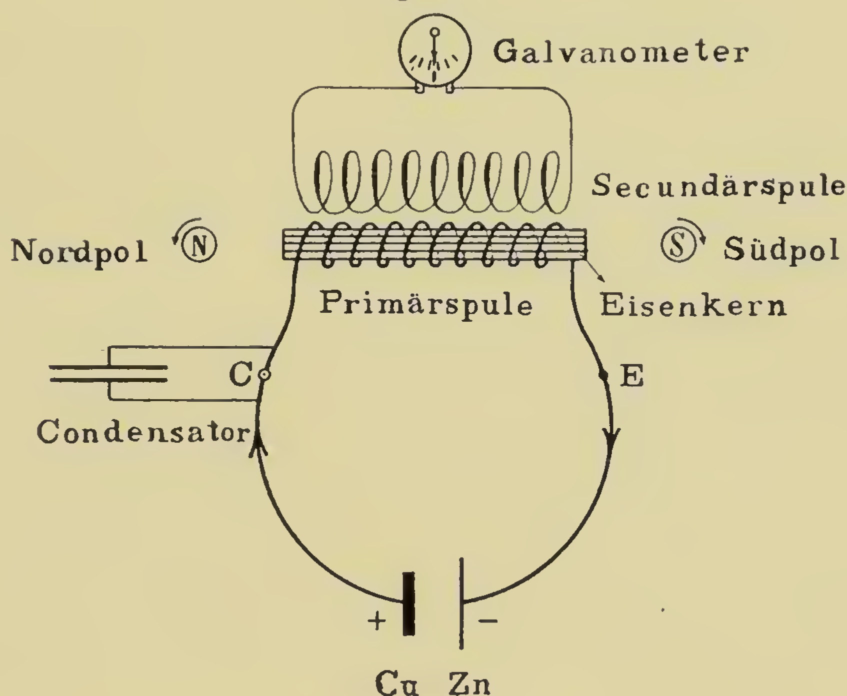
Denkt man sich nun in der Richtung des positiven Stromes vorwärts schwimmend, und zwar mit dem Gesicht dem Eisenkern zugewandt, so ist immer dasjenige Ende des Eisenkerns ein N o r d p o l, das zur linken Hand liegt. Denken wir uns weiter von der linken Seite auf die runde Nordpolfläche blickend, so fließt der Strom links herum, um den Südpol dagegen immer rechts herum, im Sinne des Uhrzeigers. Unterbrechen wir bei C den galvanischen Strom, so hört der Strom auf zu fließen, der Eisenkern wird wieder unmagnetisch und das kräftige magnetische Feld verschwindet; schwächen wir den Strom nur ab, so

wird auch das magnetische Feld schwächer, verstärken wir den Strom, so wird das Feld auch stärker, mit anderen Worten: jede Änderung des Stromes ruft gleichzeitig eine Änderung des zugehörigen magnetischen Feldes hervor.

Wir stellen nun ganz nahe der um den Eisenkern laufenden Spirale, die wir des weiteren Primärspule nennen werden, also in ihr magnetisches Feld, einen zweiten geschlossenen Stromkreis auf, der ebenfalls in der Hauptsache aus einer Spirale (mit einem eingeschalteten Galvanometer) bestehen soll; diese nennen wir Sekundärspule.

Schließen wir jetzt den Stromkreis des Elementes bei C, so entsteht in dem sekundären Stromkreis, ohne daß die geringste leitende Verbindung

Fig. 25.



zwischen den beiden Spulen besteht, ebenfalls ein momentaner elektrischer Strom, ein Vorgang, den das Galvanometer durch den Ausschlag seiner Nadel nach der einen Seite hin und sofortige Rückkehr in die mittlere Null-lage anzeigt. Öffnen wir danach den Strom wieder, indem wir ihn bei C unterbrechen, so macht die Nadel des Galvanometers einen Ausschlag nach der anderen Seite, um ebenfalls sogleich wieder zum Nullpunkt zurückzupendeln.

Man nennt diese momentan in der Sekundärspule hervorgerufenen Ströme Induktionsströme und im Gegensatz zu dem induzierenden, primären Strom in der Primärspule auch induzierte oder Sekundärströme; und zwar hat der Sekundärstrom beim Schließen die entgegengesetzte, beim Öffnen die gleiche Richtung wie der Primärstrom.

Ebenso wie die Öffnung und Schließung, so erzeugt auch ein Strom-

wechsel oder die bloße Schwächung oder Verstärkung des Primärstroms einen Induktionsstrom in der Sekundärspule.

Außer in der Sekundärspule erzeugt aber die Schließung und Öffnung des Primärstroms auch in seiner eigenen Bahn Induktionsströme, die sogenannten Extraströme, weil in der Primärspule Windung auf Windung induzierend wirkt (Selbstinduktion). Beim Schließen fließt dieser Extrastrom ebenfalls der primären Stromrichtung entgegen, er wirkt also momentan schwächend auf den eigentlichen Strom, so daß dieser nur allmählich zu seiner vollen Stärke ansteigen kann; während der bei der plötzlichen Unterbrechung entstehende Extrastrom in derselben Richtung wie der eigentliche Strom zu fließen sucht, also mindestens weniger abschwächend auf diesen wirken wird.

Da nun ferner in einer Spule der Extrastrom eine um so höhere elektromotorische Kraft und um so höhere Spannung hat, je plötzlicher sich die Intensität des eigentlichen Stromes ändert, so muß der Schließungsextrastrom bei dem allmählichen Anwachsen der Stromstärke bis zu seinem Maximum eine verhältnismäßig geringe Spannung haben, während bei der plötzlichen Unterbrechung ein fast sofortiger Stromabfall von seinem Maximum auf Null stattfindet, so daß der Strom bei der Öffnung eine sehr hohe Spannung haben muß. Dies dokumentiert sich äußerlich dadurch, daß die Luft an der Unterbrechungsstelle bei C von einem hellen Funken durchschlagen wird.

Aus alledem folgt ferner, daß auch in der induzierten Sekundärspule die Öffnungsströme eine bedeutend höhere Spannung haben müssen als die Schließungsströme. Wählen wir nun für die Sekundärspule einen im Verhältnis zu der Dicke und Anzahl der Windungen des primären Drahtes recht dünnen Draht mit sehr vielen Windungen, so wird die Spannung des Sekundärstromes eine um so höhere, seine Stromstärke entsprechend geringer.

Wir hatten oben den Aufbau des Eisenkerns besprochen. Durch das jedesmal mit der Schließung und Öffnung des primären Stromes zusammenfallende Entstehen und Vergehen des Elektromagneten soll ein erheblich stärkeres magnetisches Feld und damit eine kräftigere induzierende Wirkung auf die Sekundärspule erzielt werden. Nun entstehen aber im Eisenkern ebenfalls beim Schließen und Öffnen des primären Stromes Induktionsströme, die sogenannten Wirbelströme, die das schnelle Anwachsen und Verschwinden des Magnetismus verzögern und so schwächend wirken. Diese schädlichen Wirbelströme treten am störendsten auf, wenn der Eisenkern nur aus einem massiven Stück Eisen besteht, während sie möglichst vermieden werden bei der Zusammenfügung des Eisenkerns aus einer großen Anzahl einzelner Stäbe.

Anstatt aber, wie in der Fig. 25, die beiden Spulen räumlich getrennt nebeneinander durch die Luft isoliert verlaufen zu lassen, können wir

uns auch die Sekundärspule (bestehend aus sehr zahlreichen dünnen Drahtwindungen) unter Zwischenlagerung einer entsprechenden Isolationsschicht um die Primärspule (bestehend aus wenigen dickeren Drahtwindungen) herumgewickelt denken; wir haben dann das Bild des sogenannten Induktionsapparates.

Nun sehen wir in der Fig. 25 noch den sogenannten Kondensator eingezeichnet. Wir führten oben aus, daß der primäre Strom bei der Öffnung eine so hohe Spannung hat, daß es an der Unterbrecherstelle bei C zur Funkenbildung kommt. Der Funke bildet aber eine Verlängerung der Dauer des primären Stroms. Zur Beseitigung oder wenigstens Verkleinerung dieses den möglichst plötzlichen Stromabfall verlängernden Funkens dient nun der besagte Kondensator. Er ist dem Unterbrecher parallel geschaltet und besteht aus einer Anzahl von paraffinierten Papierblättern, die auf jeder Seite mit Stanniolpapier belegt sind. Die Stanniollagen der einen Seiten sind untereinander verbunden, ebenso die der anderen Seiten. Die Elektrizitätsmengen an der Unterbrechungsstelle C strömen also in die Belegungen und verbreiten sich hier, so daß die Spannungsdifferenz an der Unterbrechungsstelle und damit der Öffnungsfunke kleiner wird.

Da Induktionsapparate in vollkommener Weise zuerst 1848 von dem Deutschen Rühmkorff in Paris gebaut wurden, so werden sie nach ihm benannt, wenn sich auch heute im allgemeinen der Name Funkeninduktor mehr und mehr eingebürgert hat.

Wir rekapitulieren an dieser Stelle also ganz kurz:

Der Induktionsapparat besteht in der Hauptsache aus zwei Kupferdrahtwickelungen. Die innere primäre Drahtspule ist direkt um einen Eisenkern in 200—300 Windungen herumgewickelt; die Stärke dieses mit Seide umsponnenen Kupferdrahtes beträgt 2—3 mm. Die Isolierung der Drahtwindungen untereinander und gegen den Eisenkern muß eine sehr gute und entsprechende sein.

Der Eisenkern ist aus einem Bündel einzelner etwa 1 mm dicker, untereinander isolierter Eisendrähte oder Eisenblechstücke zusammengefügt.

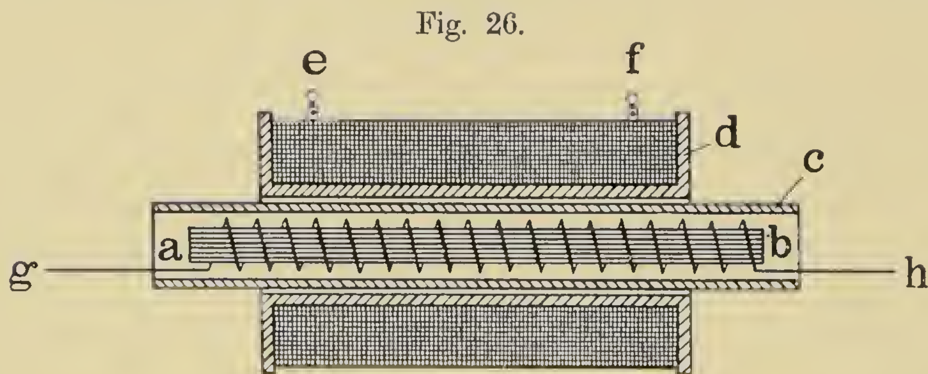
Die äußere sekundäre Drahtspule besteht aus einer sehr großen Anzahl von Windungen (200 000 bis 300 000) eines etwa 0,1—0,2 mm starken, ebenfalls mit feinster Seide umsponnenen Kupferdrahtes.

Zwischen der sekundären und primären Spule liegt ein meist aus Hartgummi gefertigtes, recht vollkommen isolierendes Rohr oder zur noch größeren Sicherheit zwei entsprechend dünnere Rohre.

Diese Einzelheiten sind in der Fig. 26 schematisch zur Darstellung gebracht (a b = Eisenkern, g h = Primarspule, c d = Isolierschichten, e f = Enden, Polklemmen der Sekundärspule).

Wird nun ein in die primäre Rolle des Induktors geleiteter kräftiger elektrischer Strom abwechselnd unterbrochen und wieder geschlossen, so erhalten wir aus den oben angeführten Gründen in der Sekundärspule Öffnungsströme von so viel größerer elektromotorischer Kraft, von so viel höherer Spannung als die Schließungsströme, daß wir berechtigt sind,

Fig. 26.



den Induktionsapparat nicht als einen Wechselstromapparat anzusehen, sondern als einen Apparat, der uns einen bei jeder Öffnung des primären Stromes entstehenden gleichgerichteten sekundären Strom liefert. Entsprechend dem inneren Bau des Induktors und der verschieden gewählten Windungszahlen der primären und sekundären Spule erhalten wir ceteris paribus sekundäre Öffnungsströme von ganz verschiedener Spannung und Stromstärke, die zwischen den Polklemmen des Induktors oder besonders aufgestellten Funkenstrecken ihren Ausgleich in langen Funken oder Funkenströmen nehmen. Eine je stärkere Spannung der sekundäre Strom hat, um so längere Funken erhalten wir. Steigern wir nun bei richtig gewählter Unterbrechungszahl den primären Strom so hoch als möglich, so können wir die Polklemmen des Induktors bis zu einem Maximum voneinander entfernen, bei dem noch gerade Funken übergehen; diese Entfernung in Zentimetern nennen wir als Ausdruck für die größtmögliche Spannung die Funkenlänge oder Schlagweite des Induktors. So spricht man von Induktoren von 20, 30, 40, 50 cm Funkenlänge.

Außer der großen Funkenlänge wollen wir aber noch eine möglichst gehaltvolle kräftige Entladung, dicke Funken oder sogar ein dickes zusammenhängendes Fließen des sekundären Stromes. Zu diesem Zweck muß neben der hohen Spannung auch eine recht hohe sekundäre Stromstärke resultieren; kurz, nach heutigen Ansprüchen muß der Röntgenapparat eine in bezug auf Spannung und Stromstärke hohe Leistung zu geben imstande sein. Ja noch mehr. Wir verlangen eine Anpassungsfähigkeit des Apparates in allerweitesten Grenzen und Variationen, wie wir noch genauer sehen werden.

Zur Klärung und Würdigung dieser Frage, nämlich des Induktors nach der reinen großen Leistung hin, haben die anfangs viel umstrittenen Arbeiten von Dessauer und diejenigen

von Koch ganz wesentlich beigetragen. Die Entwicklung in der Röntgentechnik hat ihnen zum größten Teile recht gegeben.

Bei allen Ansprüchen bleibt aber eine gewisse Größe der Funkenlänge die Voraussetzung einer gedeihlichen Röntgenarbeit. Man darf sogar sagen, je weniger jemand den Apparatkomplex bis in alle Feinheiten zu beherrschen versteht, um so vorteilhafter wird für ihn die größere Funkenlänge sein, da gerade er bequemer, leichter und billiger damit arbeiten wird. Jedenfalls ist und bleibt bei allen sonstigen Vollkommenheiten die Schlagweite des Induktors von ganz wesentlichem Einfluß auf den Röntgenbetrieb, und wir können nur immer und immer wieder raten, gerade bei der heutigen Vollkommenheit der Induktoren von vornherein einen recht großen zu wählen; an mehr als 40—50 cm Funkenlänge ist dabei allerdings nicht gedacht.

Meine Gründe für diese Stellungnahme basieren auf einer 17jährigen praktischen Erfahrung, sie sind von vielen Forschern physikalisch in der Hauptsache erklärt und gestützt worden. Ich weiß, wie ich schon früher betont habe, daß ein nach den heutigen fortgeschrittenen technischen Prinzipien gebauter Induktionsapparat von 30 cm Funkenlänge und weniger durch die Aufnahme und Umformung vergrößerter Energiemengen für jedwede Aufnahme bei kurzer Expositionszeit genügt.

Ich weiß aber auch, daß die Inanspruchnahme des kleineren Induktors immer wieder eine maximale sein muß, um nur die Mittelleistungen eines guten größeren Induktors zu erreichen. Wertheim-Salomonson hatte sehr recht, als er 1905 schrieb: „Der Vorteil der größeren Apparate besteht ausschließlich aus zwei Faktoren: sie können eine größere Energiemenge aufnehmen und an den sekundären Klemmen zurückerstatten; sie geben diese Energie unter höherer Spannung.

Der Nachteil besteht in dem geringen Nutzeffekt.

Es ist mit einem kleinen Induktor (20—30 cm Funkenlänge) schon mehr sekundäre Energie verfügbar, als von den besten Röntgenröhren vertragen wird — wenigstens im Dauerbetrieb. Der Vorteil, den der große Induktor bietet, besteht nur in der verfügbaren Reserve an sekundärer Energie und Spannung. Da ich überzeugt bin, daß Industrie und Wissenschaft uns in absehbarer Frist bessere Röhren bieten werden, die bedeutend höhere Energiemengen aufnehmen können und sogar die ganze verfügbare Energie eines 60—75-cm-Induktors in Röntgenlicht transformieren werden, so glaube ich, daß bei der Neuanschaffung eines Instrumentariums zu einem 50-cm-Induktor geraten werden muß, trotzdem derselbe etwas unvorteilhafter arbeitet als der kleinere Transformator."

Um mich zu vergewissern, welche Apparatgrößen am meisten im Gebrauch sind, hatte ich bereits 1903 von den Induktorbauern genaue

Erkundigungen eingezogen. Danach ergab sich, daß Induktoren mit Funkenlängen von 20—25 cm 22,5 % für Röntgeneinrichtungen geliefert wurden, von 30—35 cm 32,2 %, von 40 cm aufwärts 45,3 %. Ich habe diese Anfrage an unsere bedeutendsten Fabrikanten vor 3 Jahren wiederholt. Das Resultat war folgendes: Induktoren mit Funkenlängen unter 40 cm wurden in den letzten 6 Jahren geliefert 29,2 %, von 40 cm aufwärts 70,8 %.

Diese Zahl spricht für sich selbst. Die Anschaffung von Induktoren unter 40 cm Funkenlänge war von 54,7 % auf 29,2 % gesunken, dagegen die Zahl der größeren Induktoren von 45,3 % auf 70,8 % gestiegen. Wir sehen daraus, daß trotz aller sonstigen Verbesserungen unserer Induktoren nach der Seite der reinen Leistung hin auch die der größeren Funkenlänge weitgehendst gewürdigt worden ist.

Hatte seinerzeit Dr. Wehnelt durch die epochemachende Arbeit: Ein elektrolytischer Stromunterbrecher den Aufschwung der Röntgenära beschleunigt, so sind in den letzten Jahren die berechtigten Forderungen der Röntgenologen nach immer kürzeren Expositionszeiten, nach der Möglichkeit, Röntgenaufnahmen in Bruchteilen einer Sekunde zu machen, allen Fabrikanten ein Ansporn gewesen, die Röntgenapparate wesentlich zu verbessern. So hat der innere Bau auch der Induktoren durch die rastlose Arbeit der Elektrotechniker und Ärzte und durch die sorgfältigen Untersuchungen einiger Physiker, durch die Verbindung von Theorie und Praxis ganz fundamentale Verbesserungen erfahren. Die Güte des Induktors, die also nicht nur nach der Funkenlänge, der Schlagweite gewertet werden darf, sondern vor allem nach der Qualität, der ganzen Energiegröße des sekundären Stromimpulses, hängt von den verschiedensten Faktoren ab.

Eine große Rolle spielt bei einer bestimmten Größe des Induktors die richtige Länge und Dicke des Eisenkerns sowie seine sorgsame Unterteilung und die Wahl magnetisch hochwertigen Eisens; ferner das richtige Verhältnis der Querschnitte der Kupferdrähte und der Windungszahlen der Primär- und der Sekundärspule.

Ist es gelungen, in diesen wichtigen Dingen wirklich durchdachte Fortschritte zu leisten, auf die wir teilweise noch zu sprechen kommen, so hat man es auch verstanden, die Wicklungen der primären und sekundären Spulen in vollkommenerer und vorteilhafterer Weise als früher auszuführen, so daß die einzelnen Teile der mit Seide besponnenen Drahtlagen untereinander keine Verluste vorkommen lassen. Ebenso sind die Isolationsverhältnisse sowohl im Innern der primären und sekundären Rolle, als auch zwischen diesen beiden so sicher und tadellos gestaltet, daß die Wirkung der Apparate eine überaus kräftige und dauernde ist, und daß es vor allen Dingen zu einem Durchschlagen, wie der technische

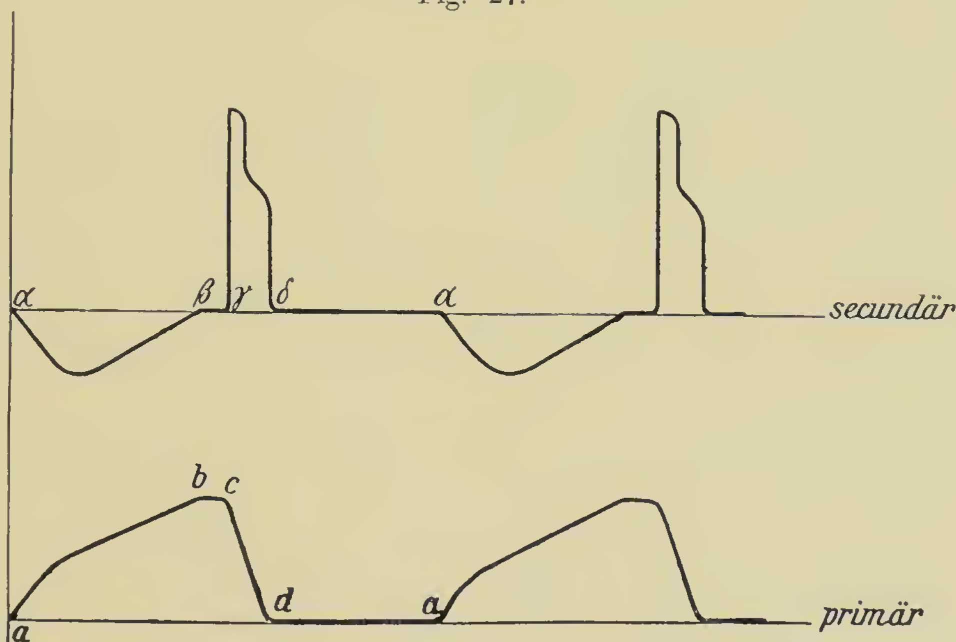
Ausdruck lautet, überhaupt nicht mehr kommt. (Der Grund, warum ein Funkeninduktor durchschlägt, ist ja der, daß die Windungen der sekundären Spirale nicht ausreichend von denen der primären Spirale isoliert sind; die hohe Spannung am Ende der ersteren durchschlägt die Isolierung und gelangt so auf einem kurzen Wege zu der primären Leitung.) Neben alledem hängt die Qualität des Induktionsstromes ab von der Art und Weise, wie die Unterbrechungen des primären Stromes vor sich gehen, ob langsam oder schnell, ob allmählich oder plötzlich, ob vollkommen oder unvollkommen, ob gleichmäßig oder ungleichmäßig. Hieraus ergibt sich von selbst, wie sehr es auf den Unterbrecher des primären Stromes ankommt, zu dessen Besprechung wir nunmehr, unter Würdigung der Vorzüge seiner verschiedenen Bauarten, übergehen.

Unterbrecher.

Wir wissen aus dem vorigen Kapitel, daß die abwechselnde Öffnung und Schließung des in die Primärrolle geleiteten Gleichstromes in der Sekundärrolle Öffnungs- und Schließungsströme induziert. Der Vorgang ist im Hinblick auf die schematische Zeichnung nach D e s s a u e r (Fig. 27) folgender:

„Im Augenblick a, wo der Stromschluß stattfindet, ergießt sich der Primärstrom aus der Stromquelle in die Primärspule des Induktoriums und wächst, wie es die Linie a b andeutet, allmählich unter langsamer

Fig. 27.



Überwindung des Widerstandes, der sogenannten Selbstinduktion, bis zum Maximum b, das ihm durch die ganze Anordnung der Anlage gesetzt ist. Im Augenblicke c öffnet der Unterbrecher den Stromkreis. Der Strom verschwindet aus der Primärspule. Ein seinem Verschwinden sich entgegenstellendes Hindernis, wiederum durch Selbstinduktion hervor-

gerufen, wird dabei im Kondensator aufgefangen. Der primäre Kreis bleibt jetzt stromlos, bis bei a ein neuer Stromfluß einsetzt und das Spiel wiederum beginnt.

Die beiden Stromphasen a b und c d, also der Stromanstieg bei der Schließung und der Stromabfall bei der Öffnung, sind nun wirksam oder induktiv, d. h. sie erzeugen in dem sekundären Stromkreise Spannungen, und zwar hat die Schließung eine umgekehrte Spannung wie die Öffnung. Da die Höhe dieser Spannung davon abhängt, wie rasch die primären ursächlichen Veränderungen sind, so ist, wie das die Höhe der Kurve in der Figur andeutet, die durch die Öffnung c d bewirkte Induktionsspannung $\gamma\,\delta$ viel größer als die durch die Schließung a b erzeugte Spannung $\alpha\,\beta$. Schließt man in den Sekundärkreis eine Röntgenröhre ein, so wünscht man, daß lediglich die sogenannte Öffnungsinduktion $\gamma\,\delta$, nicht aber die umgekehrt gerichtete Schließungsinduktion hindurchgehe."

Die möglichste Erreichung dieses Idealzustandes hängt also (bei sorgsamer Durchkonstruktion des Induktors) von der Funktion des Unterbrechers ab.

Wir unterscheiden:

1. Platinunterbrecher,
2. Quecksilberunterbrecher,
3. elektrolytische Unterbrecher.

Platinunterbrecher.

Der einfachste Apparat dieser Art ist der Neefsche Hammer (Fig. 28). Der aus Eisen bestehende Hammerkopf liegt bei einfachster Konstruktion dem Eisenkern des Induktionsapparates gegenüber und ist am Ende einer Stahlfeder angebracht. Mittels eines Platinansatzes wird der Kontakt mit dem Platin einer Schraube hergestellt. Der primäre Strom endigt nun einmal in der Kontaktschraube, zum anderen läuft er in die primäre Rolle, die den Eisenkern direkt umgibt, bis zum Hammer. Durch die Kontaktschraube kann man die Platinkontakte mehr oder weniger aneinanderdrängen.

Schaltet man jetzt den Strom ein, so wird der Eisenkern magnetisch, zieht den Hammerkopf an und entfernt damit gleichzeitig die Platinkontakte voneinander. Sofort ist der Strom unterbrochen, der Hammerkopf wird vom Eisenkern losgelassen und die Platinkontakte federn wieder aneinander; damit erneuter Stromschluß, Magnetismus des Eisenkerns und Heranziehen des Hammerkopfes und so fort.

Ein anderer, auf denselben Prinzipien beruhender Unterbrecher ist der Deprez-Unterbrecher (Fig. 29). Bei diesem entspricht der beim Neefschen Hammer an der einen Seite feststehenden Hammerfeder ein Eisenhebel, der aus zwei im Gleichgewicht befindlichen Teilen be-

steht, so daß das Zurückziehen des Hebels vom magnetisch gewesenen Eisenkern wesentlich erleichtert wird. An der einen Seite des Hebels

Fig. 28.

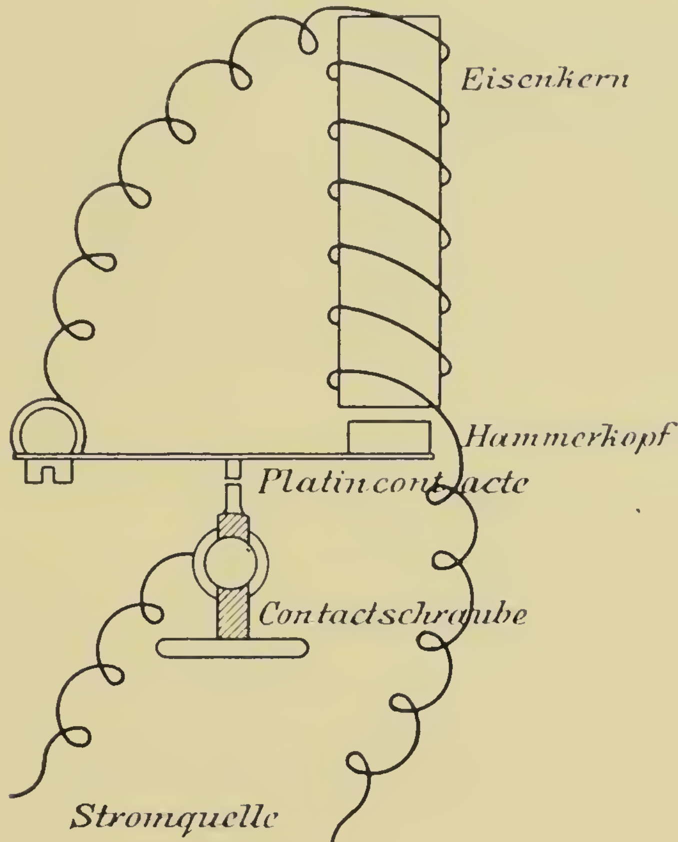
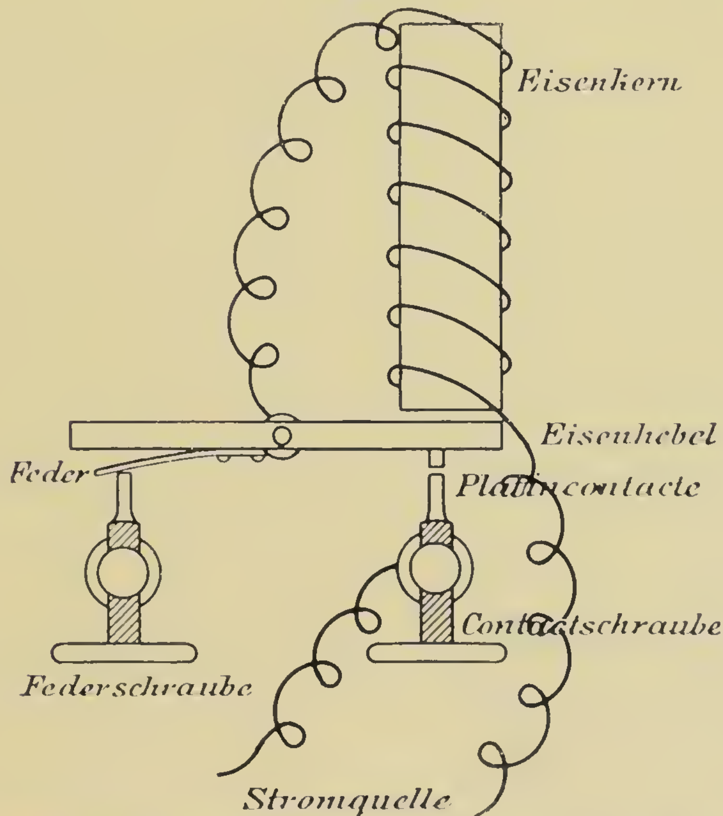


Fig. 29.

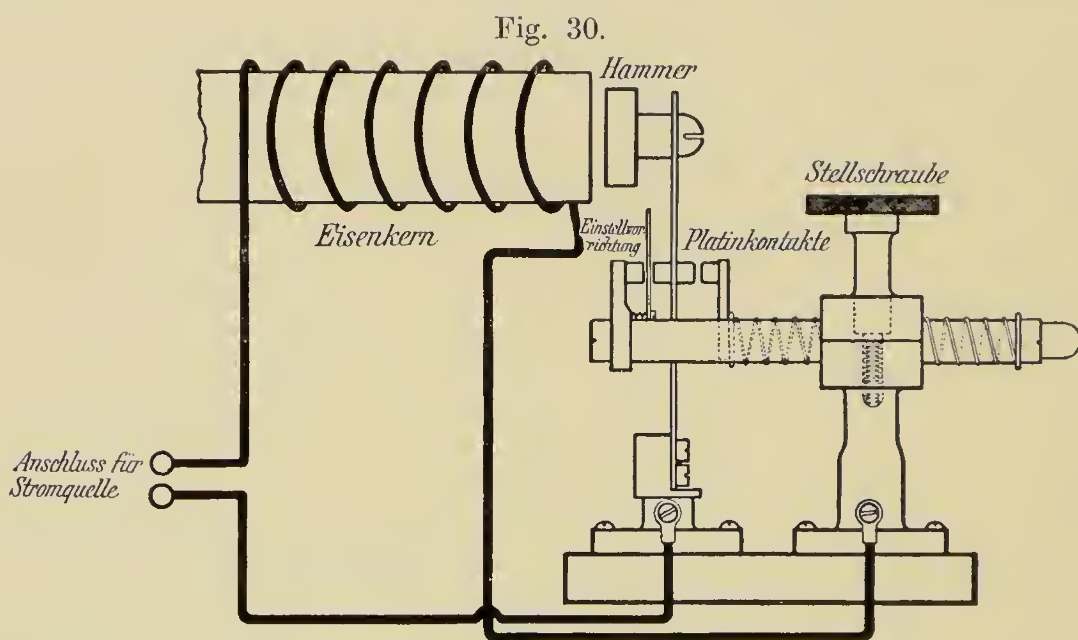


ist eine Stahlfeder angebracht, die das Bestreben hat, durch die andrückende Federschraube die Platinkontakte aneinander zu legen, die

sich an der anderen Seite des zweiarmigen Hebels befinden. Durch Anziehen der Kontaktschraube kann man gleichfalls die Spannung der Feder auf der anderen Seite erhöhen. Die Unterbrechungen finden auf dieselbe Weise statt, wie beim N e e f schen Hammer.

Verbesserungen der Platinunterbrecher sind gebracht worden von M. L e v y - Berlin und D e s s a u e r - Aschaffenburg. Letzterer hat einen Platinschnellunterbrecher konstruiert, der dadurch charakterisiert ist, daß die Feder, die den Hammerkopf trägt, zwischen zwei Platinkontakten hin und her schwingt, wobei das erste Anfedern durch den Magnetismus des Eisenkerns erfolgt, die Öffnung des Stromes und damit das Rückfedern durch die hohe Elastizität der Feder zustande kommt. Dieser Unterbrecher zeichnet sich durch eine häufigere Unterbrechung,

Fig. 30.



durch längere Kontaktdauer, größere Schonung der beiden Platinkontakte und somit regelmäßigeres Arbeiten aus.

L e v y betreibt seinen Präzisionsplatinunterbrecher durch einen separaten in den Stromkreis der Primärspule mit eingeschalteten Elektromagneten. Außer der Hammerfeder ist hier eine besondere Kontaktfeder derart angebracht, daß die Hammerfeder sich bereits in lebhafter Schwingung befindet, bevor sie durch Anstoß gegen die Kontaktfeder eine Unterbrechung des Stromes bewirkt. Ferner werden die Schwingungen der Hammerfeder durch eine Reguliervorrichtung mehr oder weniger begrenzt und damit in entsprechend kürzerer Zeit beendet.

Hierher gehört noch der Membran-Silberstiftunterbrecher „Hesychos“ von H a g g e m i l l e r und W i n k l e r - München, der sich durch exakteste Funktion auszeichnet.

Gegenüber einem Elektromagneten ist eine Eisenplatte an vier Spiralfedern freischwingend (Membrane) aufgehängt; mittels Stellschrauben kann die Membrane mehr oder weniger angezogen und dadurch in ihrer

Schwingungszahl reguliert werden. Auf der Membrane sitzen drei Kontaktstifte und diesen gegenüber drei entsprechende derartig, daß durch eine einzige Regulierschraube diese Kontakte während des Betriebes im Bedarfsfalle nachgestellt werden können. Die Kontaktstifte bestehen aus elektrolytisch reinem Silber. So ist eine hohe Unterbrechungsziffer gewährleistet, auch sollen niedrige und höchste Stromstärken verwandt werden können. Desgleichen soll der Hesychos bei geringer und sehr hoher Spannung von 220 Volt und darüber gleich gut arbeiten, während im allgemeinen die Platinkontakte nur eine beschränkte Unterbrechungsstromstärke zulassen, bei deren Überschreitung sich Lichtbogen zwischen ihnen einstellen, so daß die Unterbrechungen versagen.

Quecksilberunterbrecher.

Bei den besprochenen Unterbrechern füllt also die schlechtleitende atmosphärische Luft den Raum zwischen den sich voneinander entfernenden Platinkontakten. Im Gegensatz hierzu wird bei den Quecksilberunterbrechern der eine Kontakt durch Quecksilber oder eine amalgamierte Metallfläche dargestellt und die Unterbrechung findet unter einer isolierenden Flüssigkeit oder unter Gas statt. Man teilt sie ein in Quecksilberunterbrecher mit

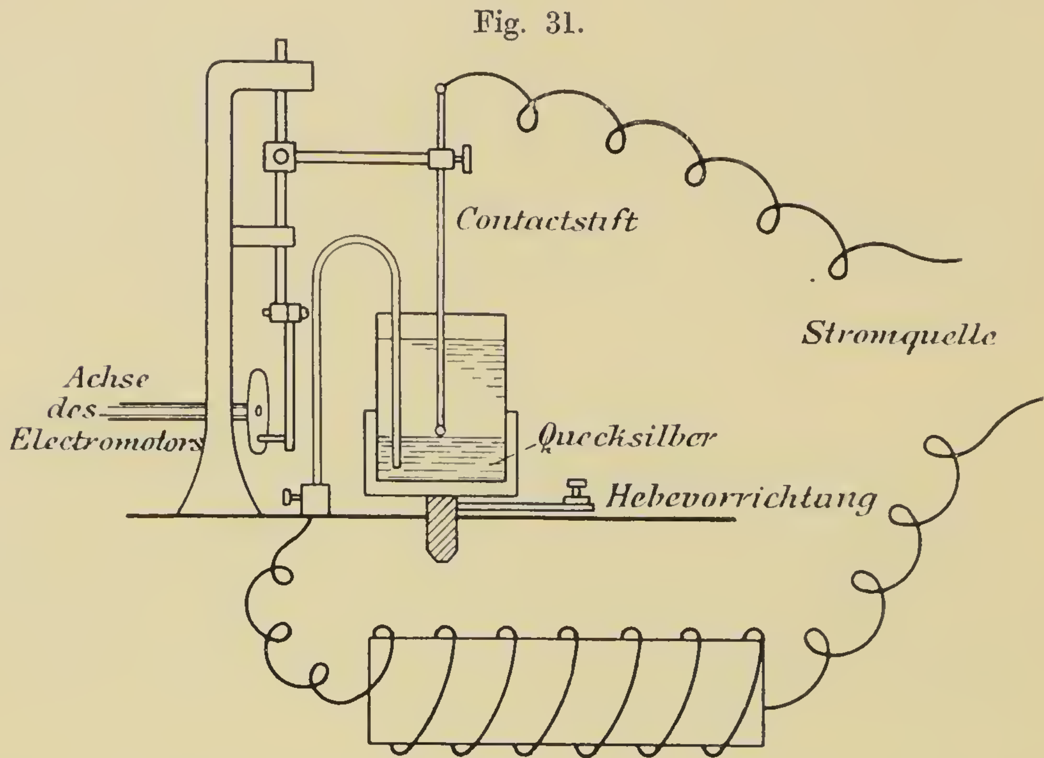
1. Tauchkontakt,
2. Strahlkontakt,
3. Gleitkontakt,
4. zentrifugiertem Quecksilberring.

Quecksilberunterbrecher mit Tauchkontakt.

Bei diesen kommt Öffnen und Schließen des primären Stromes dadurch zustande, daß ein Stift, der unten mit einem Platinansatz endigt, abwechselnd in Quecksilber ein- und austaucht. Entweder wird dieses Heben und Senken des Kontaktstiftes, der zwecks Regulierens der Unterbrecherzahl an seinem oberen freien Ende eine verschiebbare Metallkugel trägt, durch das Anziehen des Federhammers an den Eisenkern der primären Spule besorgt, oder aber ein besonderer Elektromotor übernimmt die Bewegungen des Stiftes. Eine kurze schematische Beschreibung des sogenannten Motorunterbrechers folgt hier (Fig. 31). Ein kleiner Elektromotor ist auf ein Brett montiert. Seiner Achse ist eine Scheibe aufgesetzt, an der exzentrisch vermittels eines Verbindungsstückes eine Stange senkrecht befestigt ist, die bei Drehungen der Scheibe ihre Heb- und Senkbewegungen durch einen wagrechten Arm auf den Kontaktstift überträgt, so daß dessen Spitze bei Tiefstand in das Quecksilber des Glasgefäßes eintaucht, bei Hochstand es überragt. Der Kontaktstift kann vermittels der Schraube am freien Ende des wagrechten Armes

höher und tiefer gestellt werden. Das Quecksilbergefäß wird unten von einem Halter umfaßt und kann ebenfalls gehoben und gesenkt werden. Der primäre Strom läuft einerseits durch die primäre Spirale in den U-förmig gebogenen Metallstift, der dauernd in das Quecksilber eintaucht, anderseits

Fig. 31.



durch irgend ein Mittelstück zum Kontaktstift. Bei Drehungen des Elektromotors findet abwechselnd der Schluß und die Öffnung des Stromes zwischen der Spitze des Kontaktstiftes und der Quecksilbermasse statt. Die Schnelligkeit des Elektromotors und damit der Unterbrechungen ist regulierbar.

Quecksilberunterbrecher mit Strahlkontakt (Turbinenunterbrecher).

Den ersten derartigen guten Unterbrecher hat nach der Konstruktion von Boas die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft in Berlin gebracht.

Wie der Name sagt, wird bei dieser Unterbrecherart der Kontakt hergestellt durch einen Quecksilberstrahl, der durch sein Hinstreichen über leitende und nichtleitende Segmente Stromschluß und -öffnung zustande bringt. Der Vorgang ist folgender:

Ein rechtwinklig gebogenes Metallrohr taucht mit seinem vertikal stehenden Teile in Quecksilber, das mit einer schlechtleitenden Flüssigkeit so hoch bedeckt ist, daß sich auch der horizontale Rohrteil innerhalb dieser Flüssigkeit befindet. Wird das Rohr durch einen Elektromotor in schnelle Rotation um seinen vertikalen Schenkel versetzt, so wird das Quecksilber durch die Zentrifugalkraft angesaugt und aus dem horizontalen Schenkel in Form eines kräftigen Strahles herausgeschleudert.

Umgibt man eine solche Turbine mit einem mit Aussparungen versehenen Metallring, so wird der Quecksilberstrahl bald auf den Metallring auftreffen, bald durch die Aussparungen hindurchspritzen. Wenn der Ring und das in schnelle Drehung versetzte Metallrohr in den Primärstromkreis eines Induktors eingeschaltet werden, so wird der Strom geschlossen, sobald der Quecksilberstrahl auf den Metallring trifft, und geöffnet, sobald der Strahl durch eine Aussparung hindurchspritzt.

Je nach der Zahl der Umdrehungen der Turbine und der Zahl der Aussparungen in dem konzentrischen Ringe läßt sich die Anzahl der Unterbrechungen zwischen 10 und 1500 pro Sekunde variieren.

Der gleiche Effekt läßt sich auch dadurch erreichen, daß der Quecksilberstrahl (mittels einer Pumpe horizontal herausgespritzt)[1]) ruhig steht, daß dagegen die Kontaktsegmente rotieren. Macht man ferner die Kontaktstücke oben breit, unten spitz, und lassen sie sich heben und senken, so wird bald eine längere, bald eine kürzere Stromschlußdauer erreicht.

Hierher gehört auch der von R e i n i g e r, G e b b e r t & S c h a l l gebaute Apex-Gasunterbrecher, der bei direktem Anschluß an Gleich- und Wechselstrom und bei Spannungen bis 250 Volt mit derselben Sicherheit Stromstärken von 40 und 50 Ampere, wie solche von geringerer Amperezahl unterbricht. Als Funkenlöschmittel wird gewöhnliches Leuchtgas oder Blaugas aus Stahlflaschen benutzt, so daß das störende Verschlammen des Quecksilbers, welches bei Gebrauch eines flüssigen Dielektrikums nach und nach eintritt, ganz wegfällt.

Der Arbeitsvorgang ist folgender: Nach Einschalten des Motors dreht sich die Motorwelle, die eine an ihrem unteren Ende angebrachte Turbine in Tätigkeit setzt. Diese saugt das in dem unteren Teile des Unterbrechertopfes befindliche Quecksilber — 5 kg sind zur Füllung erforderlich — hoch und preßt es durch zwei sich mit der Welle drehende Ausspritzdüsen heraus, so daß es in geschlossenem Strahl abwechselnd gegen zwei Paar sich diametral gegenüberstehende Kontaktlamellen geschleudert wird. Trifft der Quecksilberstrahl auf zwei sich gegenüberstehende Segmente, so ist der Strom geschlossen, anderenfalls unterbrochen. Um die Röntgenröhre bei Durchleuchtungen oder therapeutischen Bestrahlungen zu schonen, können zwei der Kontaktlamellen ausgeschaltet und damit die Unterbrechungen des Stromes pro Umdrehung auf die Hälfte herabgesetzt werden. Die Stromschlußdauer ist ebenfalls regulierbar.

Bei allen diesen Unterbrechern fällt das Quecksilber auf den Boden des Gefäßes zurück und wird kontinuierlich von hier wieder hochgesaugt.

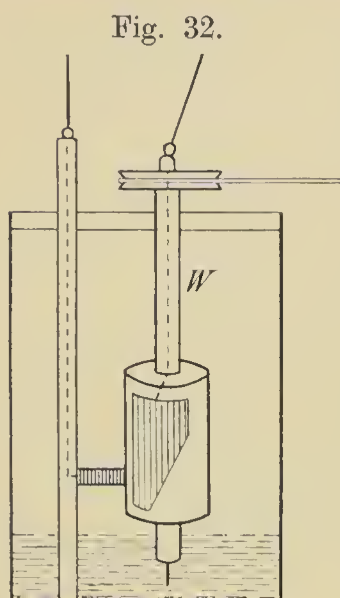
Q u e c k s i l b e r u n t e r b r e c h e r m i t G l e i t k o n t a k t.

Diese Unterbrecher kann man nur insofern unter die Quecksilberunterbrecher einreihen, als zur Sicherung des jedesmaligen Stromschlusses

[1]) Dr. Max Levy-Berlin.

beim Berühren der schleifenden oder besser aneinander gleitenden Metall- oder Metallbürstenkontaktflächen kleinste Quecksilbermassen mitbenutzt werden. Die Konstruktion ist folgende:

Fig. 32.



Eine Welle (W Fig. 32) steht senkrecht und leicht drehbar in einem Gefäß; oben trägt sie eine Schnurscheibe zur Übertragung der rotierenden Bewegung von einem nebenstehenden Motor aus. Unten an der Welle befindet sich eine Trommel, in die zwei nach unten sich verjüngende Kupferkontaktstücke eingelassen sind, die mit der Welle in leitender Verbindung stehen. Auf der Trommel schleift seitwärts ein Kupferkontakt, der sich hoch und tief stellen läßt, so daß die Dauer des Kontaktes verändert werden kann.

Es finden also bei jeder Umdrehung der Welle zwei Stromschlüsse statt.

Zur Sicherung des Kontaktes ist mit der Welle ganz unten eine zungenartige Vorrichtung verbunden; dadurch wird vom Boden des Gefäßes aus etwas Quecksilber gehoben und der Kontaktstelle zugeführt, so daß eine dauernde Amalgamierung der Kontaktflächen stattfindet.

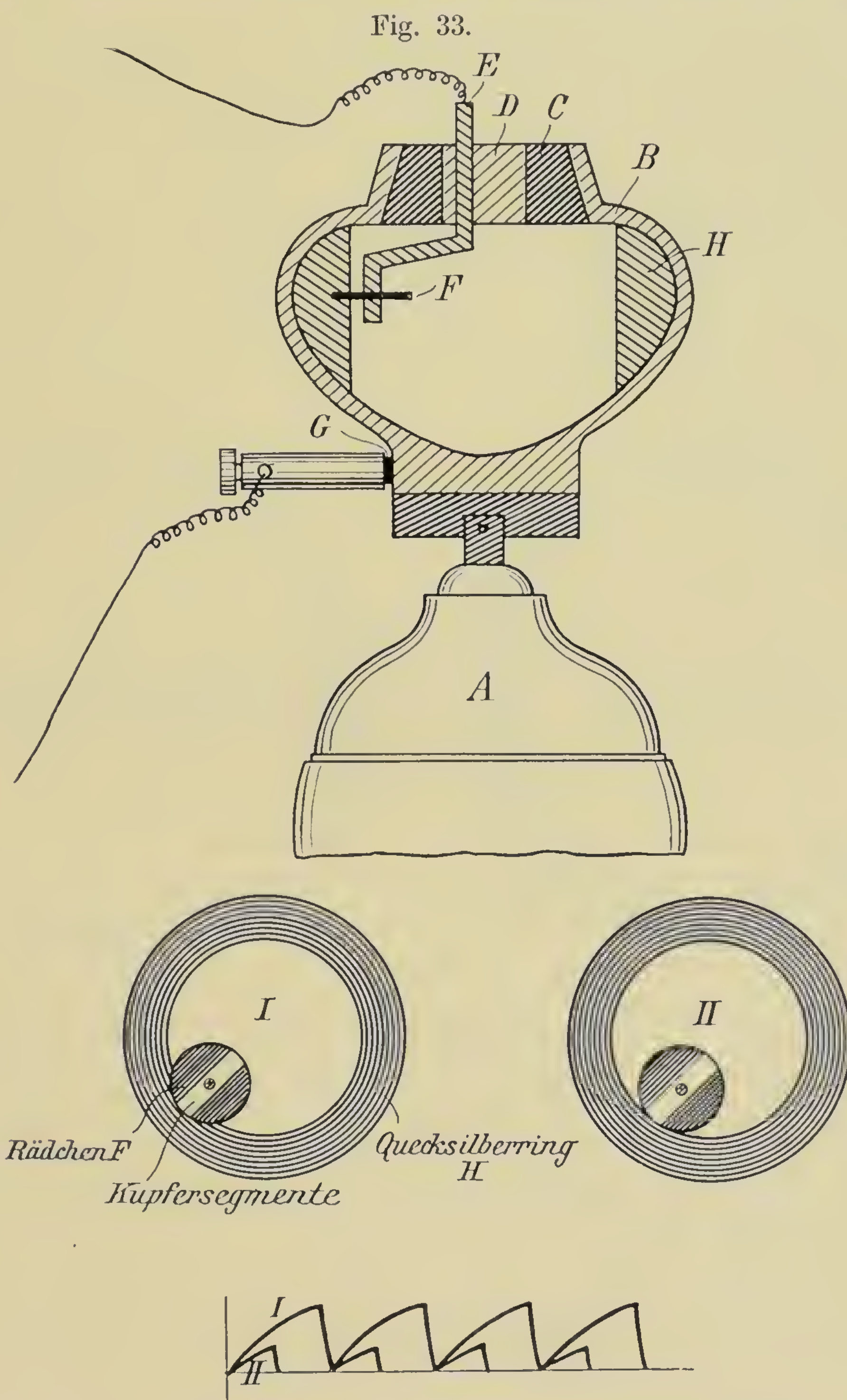
Quecksilberunterbrecher mit zentrifugiertem Quecksilberring.

Der Sanitas-Gesellschaft in Berlin gebührt das Verdienst, diese durch Tesla inaugurierte Unterbrecherart in guter Weise maschinell durchgebildet und ihr in der Form des Rotaxunterbrechers zu großer Verbreitung verholfen zu haben (Fig. 33).

Der Rotaxunterbrecher besteht in seinen Hauptteilen aus dem Motor (A) und dem eigentlichen Unterbrechergefäß (B). Letzteres ist auf der Welle des Motors befestigt und muß sich, sobald der Motor eingeschaltet ist, mit ihm drehen. Das Unterbrechergefäß B ist birnenförmig und besitzt in seinem oberen Teil einen Deckel (C) aus Isoliermaterial. Durch diesen Deckel führt eine Büchse (D) aus Metall, in welcher die Achse (E) exzentrisch und zwar derart befestigt ist, daß sie durch eine Schraubvorrichtung mehr oder weniger nach der Peripherie verschoben werden kann. Am unteren Teil dieser knieförmig abgebogenen Achse sitzt ein Rädchen (F) aus Isoliermaterial mit zwei metallischen Kupfersegmenten. Die Zuleitung des Stromes erfolgt einmal durch eine am unteren Teile des Unterbrechergefäßes schleifende Kontaktkohle (G), der zweite Pol befindet sich am oberen Teile des Unterbrechers und steht in direkter Verbindung mit der Achse und den Kupfersegmenten des

Kontakträdchens. Der Unterbrecher wird mit zirka 350 g Quecksilber und zirka 170 ccm Petroleum gefüllt. Schaltet man den Apparat ein, so wird das Quecksilber durch die Zentrifugalkraft außen hoch geschleudert und bildet an der Peripherie des Gefäßes B einen festen kompakten Quecksilberring (H). In diesen Ring läßt man das Rädchen F

Fig. 33.



flacher oder tiefer eintauchen. Dabei wird es von dem rotierenden Quecksilber in Umdrehung versetzt. Es taucht nun abwechselnd ein Kupferkontakt, dann wieder das Isoliermaterial ein, und auf diese Weise erhalten wir Stromschluß und Stromöffnung. Sobald nämlich der Kupferkontakt in das Quecksilber eintaucht, kann der Strom fließen und umgekehrt.

Ausgehend von der Kontaktkohle G fließt der Strom nach dem Unterbrechergefäß B. Dieses steht in direkt leitender Verbindung mit dem Quecksilber. Von dem Quecksilber fließt der Strom weiter über den Kupferkontakt nach der Achse E und über sie zurück zum Netz. Fig. I veranschaulicht die Stellung des Rädchens so tief in den Quecksilberring eintauchend, daß sich eine normale Stromschlußdauer ergibt; dabei resultiert die Stromkurve I. Fig. II veranschaulicht die Stellung des Kontakträdchens bei zu kurz gewählter Stromschlußdauer, woraus die Stromkurve II resultiert.

Die Unterbrechungszahl wird durch die Tourenzahl des Motors reguliert, die Stromschlußdauer durch flacheres oder tieferes Eintauchen des Rädchens F in den Quecksilberring H.

Auf denselben Prinzipien beruht der von Reiniger, Gebbert & Schall gebaute Rekordunterbrecher, nur vermittelt hier ein

Fig. 34.

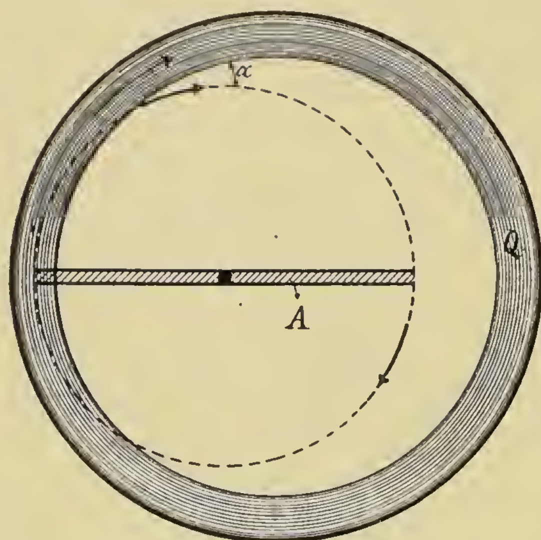
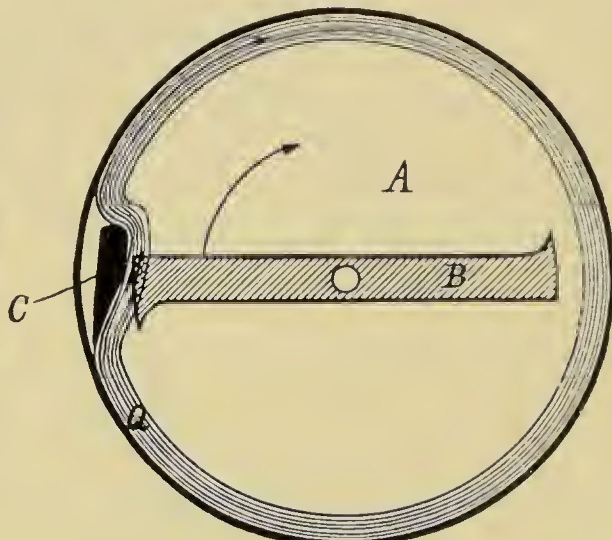


Fig. 35.



wagrecht synchron mit dem senkrecht zentrifugierten Quecksilberspiegel rotierender Tauchstift die Stromöffnung und -schließung. Der Drehpunkt des Tauchstiftes ist (ebenfalls wie beim Kontakträdchen des Rotax) nicht zentrisch mit dem Drehpunkt des Gefäßes und des Quecksilberringes angeordnet, sondern in größerer oder geringerer Exzentrizität. Die Fig. 34 zeigt die schematische Darstellung des Unterbrechervorganges. Der Quecksilberring Q rotiert rechts herum, desgleichen der exzentrisch montierte Tauchstift A, so daß bald seine eine, bald seine andere Spitze in den Quecksilberring eintaucht; eine eigentliche Verschiebung zwischen Quecksilber und Kontaktkörper im drehenden Sinne findet also nicht statt.

Übrigens ist die Rinne, in der sich das Quecksilber durch die Rotation zum Ringe formt, doppelt angelegt. Steigt nun in der unteren Arbeitsrinne das Quecksilber zu hoch, so wird das Zuviel an Quecksilber über die zwischen den beiden Rinnen befindliche Zwischenwand fließen und die obere Rinne mehr oder weniger anfüllen. Die Zwischenwand

wirkt somit als Überlauf, wodurch die Unterbrechung eine stets gleichmäßige bleibt.

Dessauer hat diesen Unterbrechertypus zwecks Vereinfachung der inneren Konstruktion und Erzielung langsamerer Schließung und einer rapideren Trennung der Kontakte noch zu verbessern gesucht. Das Prinzip seines sogenannten Deviationsunterbrechers ist in Fig. 35 schematisch dargestellt.

Ein Quecksilber enthaltendes Gefäß wird, wie bei den beschriebenen Apparaten, im Kreise bewegt und erzeugt einen Quecksilberreif Q. An einer Stelle ist von oben oder unten ein feststehender Körper C nahe an der Gefäßwand angebracht. Dieser Körper C (Wegablenker oder Deviator) ist nach innen gewölbt, bildet also einen Hügel, über den das mit großer Geschwindigkeit heransausende Quecksilber fließen muß; von der Formgebung des Deviators hängt viel ab.

Die übrige Konstruktion ist leicht verständlich; der Kontaktkörper B rotiert, an der Achse des Gefäßes befestigt, mit diesem und taucht bei jeder Rotation in den Quecksilberhügel hinein. Die nötige Quecksilbermenge beträgt nur 8—20 ccm.

Max Levys Tornado-Quecksilberunterbrecher arbeitet nach dem gleichen Prinzip: zentrifugierter Quecksilberring als der eine und die Metallsegmente eines rotierenden Rädchens als der andere Kontaktkörper. Wesentlich ist, daß das nach unten trichterförmig verlaufende, mit Quecksilber beschickte Gehäuse feststeht. In dieses taucht das mit einer Schöpfvorrichtung versehene Innenstück der Zentrifuge, die durch den Motor gedreht wird. Nach oben ist das Schleudergefäß offen, d. h. sein Rand ist nur bis zu einem bestimmten Durchmesser nach innen zurückgeführt, so daß sich das Quecksilber nur bis zu dem Durchmesser dieses inneren Randes ansetzen kann, während der Überschuß wieder in das äußere Gehäuse zurückfällt. Ebenso zirkuliert die große Menge der Löschflüssigkeit (Petroleum), wodurch ein zu hohes Ansteigen ihrer Temperatur vermieden wird.

Der Tornadounterbrecher enthält also, da die Zentrifuge in dem feststehenden Gehäuse rotiert, keine unter Zentrifugaldruck stehenden äußeren Dichtungsstellen, so daß er auf das leichteste mit einem Griff freigelegt und revidiert werden kann.

Koch hat bei seinem Titanunterbrecher die Funktion des Zentrifugierens des Quecksilberringes ganz unabhängig gemacht von derjenigen Tourenzahl, mit der das Kontakträdchen bewegt wird. Das Quecksilber wird nämlich mit konstanter Geschwindigkeit zentrifugiert, während die Drehung des Kontakträdchens in weitesten Grenzen variiert werden kann, so daß man mit langsam aufeinanderfolgenden Einzelschlägen und mit hohen Frequenzen arbeiten kann.

Für alle normalen Induktorapparate und Hochspannungsgleichrichter

werden heute Zusatzunterbrecher gefertigt, wie der Rhythmeur (Reiniger, Gebbert & Schall), Periodeur (Sanitas) und ähnliche unter anderen Namen, welche ermöglichen, in rhythmischer Folge zwischen den Stromentladungen längere oder kürzere Arbeitspausen einzuschieben.

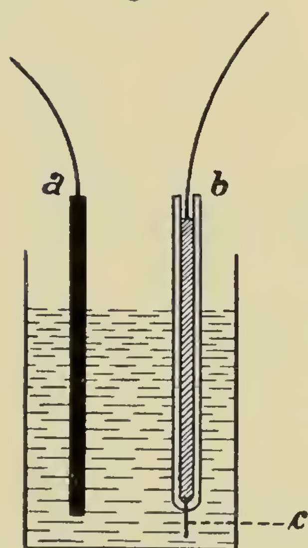
Der Rhythmeur von Reiniger, Gebbert & Schall z. B. ist ganz nach Art der S. 52 beschriebenen Motorquecksilberunterbrecher gebaut. Wird das Quecksilberniveau gehoben, so taucht der Kontaktstift länger ein, damit wird die Ruhepause kürzer; läßt man umgekehrt durch Senken des Quecksilbers den Kontaktstift nur kürzer eintauchen, so wird die Ruhepause länger. Dementsprechend kann z. B. bei der Intensivtiefentherapie durch das Einlegen von Strompausen die Röntgenröhre wesentlich geschont werden.

Elektrolytische Unterbrecher.

Wehnelt-Unterbrecher.

Wehnelt verwandte zuerst ein Becherglas mit verdünnter Schwefelsäure (Fig. 36). In diese tauchten zwei Elektroden, die eine bestehend aus einer Bleiplatte a und die andere aus dünnem Platindraht b, der in eine Glasröhre eingeschmolzen wurde, so daß nur die Spitze c in die Schwefelsäure herausragte.

Fig. 36.



Wehnelt schreibt in seiner ersten Arbeit: „Sendet man durch solche Zellen einen elektrischen Strom, dessen Spannung wesentlich höher als die entgegenwirkende Polarisationsspannung ist, so treten die bekannten Licht- und Wärmeerscheinungen an derjenigen Elektrode auf, die die kleinere Oberfläche besitzt." „Die Erscheinung besteht nicht aus einem kontinuierlichen, sondern aus einem schnell intermittierenden Leuchten, und es entsteht dabei ein laut summendes Geräusch von mehr oder weniger bedeutender Tonhöhe."

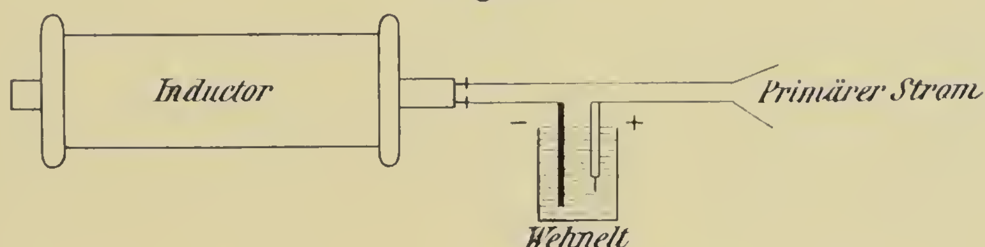
„Die Eigenartigkeit dieser Erscheinung gab Veranlassung, zu untersuchen, welchen Charakter der elektrische Strom beim Eintritt der Leuchterscheinung annimmt. Er könnte erstens derart intermittierend sein, daß er zwischen zwei Intensitätsgrenzen hin und her schwankt, oder er könnte zweitens einem vollkommen unterbrochenen, also zwischen Null und einem Maximalwert schwankenden Strom entsprechen. Ist die zweite Annahme die richtige, findet also eine vollkommene Unterbrechung des Stromes statt, so müßte ein in den Stromkreis geschaltetes Induktorium genau so funktionieren, als wenn es mit einem beliebigen Unterbrecher ausgerüstet wäre."

Die beschriebene Zelle wurde also an Stelle des Unterbrechers eines größeren Induktoriums geschaltet, und zwar wurde die Platinspitze zur Anode, also positiv gemacht, nachdem sie als Kathode sehr bald glühend geworden und weggeschmolzen war.

Das Resultat entsprach den Erwartungen; die starken Funkenentladungen am Induktorium bewiesen ohne weiteres, daß der Charakter des Stromes in der elektrolytischen Zelle der eines regelmäßig und schnell unterbrochenen ist. Ferner ergab sich aus den Versuchen, „daß die Unterbrechungen noch exakter und regelmäßiger waren, wenn man den Kondensator der Induktorien nicht benutzte, sondern einfach Stromquelle, Unterbrecher und Induktorium hintereinander schaltete“ (Fig. 37).

Da ohne Induktor im Stromkreise die positive Platinelektrode einfach zum Glühen kommt, ohne daß ein Ton hörbar ist oder Stromschwankungen des sehr schwachen Stromes eintreten, so folgte aus dem Versuch mit dem Induktor, daß die Selbstinduktion der pri-

Fig. 37.



mären Spule das Bedingende für den Eintritt der stromunterbrechenden Wirksamkeit an der Platinelektrode ist.

Aus der beschriebenen Zelle entwickelte sich nun in einfachster Weise die heute übliche Form des Wehnelt-Unterbrechers. Er besteht aus einem großen, viereckigen Glasgefäß. Eine Hartgummiplatte bildet den Deckel, der nur auf einigen Unterstützungspunkten mittels kleiner Lagerböcke aufliegt, so daß die sich in der Schwefelsäure entwickelnden Gase ungehindert abziehen können. Auf dem Deckel sitzen zwei Klemmen; die eine führt zu der Bleikathode mit großem Querschnitt, die andere mittels eines Führungs- und Leitungsmetallstiftes zur Platinanodenspitze. Der Metallstift ist, nachdem er durch den Deckel getreten ist, von einem isolierenden Porzellanrohr umgeben. Das untere Ende des Metallstiftes trägt die Platinelektrode in Stiftform, das obere Ende ein Schraubengewinde und eine Hartgummimutter, so daß durch Vorwärts- oder Rückwärtsdrehen eine größere oder kleinere Platinoberfläche mit dem Elektrolyten in Kontakt gebracht werden kann. Die Länge der dünnen, 1 mm starken Platinstifte beträgt bis 15 mm, die Länge der dicken, 3 mm starken Stifte bis 10 mm.

Als bester Elektrolyt hat sich verdünnte Schwefelsäure bewährt.

Man setzt sie zusammen aus 1 Volumenteil konzentrierter reiner Schwefelsäure und 3 Volumenteilen destillierten Wassers. Daraus resultiert das spezifische Gewicht 1,16 (zirka 20° Baumé). Da die Menge des Elektrolyten, besonders um seine zu starke Erhitzung zu vermeiden, recht groß sein muß, nimmt man das Glasgefäß so groß, daß es bei Zweidrittelfüllung etwa 16 Liter faßt. Zwecks Füllung gießt man in das Gefäß zuerst etwa 12 Liter destilliertes Wasser, dazu dann 4 Liter konzentrierte reine Schwefelsäure, und zwar in Zwischenräumen von 1 Stunde in etwa 3 Raten, um eine zu rapide Erwärmung der Flüssigkeit und ein Zerspringen des Glasgefäßes zu vermeiden. Die Flüssigkeit soll etwa alle 3—4 Monate durch neue ersetzt werden.

Nach den Untersuchungen von Wehnelt, von Voller und Walter ist der Vorgang im Wehnelt-Unterbrecher folgender:

Da die Anodenplatinspitze im Verhältnis zur großen Bleikathode nur eine sehr kleine Oberfläche hat, muß beim Stromschluß der Strom hier einen sehr kleinen Schwefelsäurequerschnitt passieren. Infolge dieses großen Widerstandes wird augenblicklich die Flüssigkeit lokal zum Sieden gebracht und die Platinspitze mit einem Mantel von Wasserdampf umgeben + dem durch Elektrolyse abgeschiedenen Sauerstoff.

„Falls nun, wie dies bei den früheren zahlreichen Untersuchungen über derartige Zellen mit kleinen Elektroden stets der Fall war, keine Rolle mit Selbstinduktion im Stromkreise vorhanden ist, so sinkt die Stromstärke, nachdem sie einmal jene Dampfhülle erzeugt hat, ohne besondere Nebenerscheinungen gerade bis auf denjenigen Wert herab, welcher eben nötig ist, um diese Schicht kontinuierlich um den Draht herum aufrecht zu erhalten.

„In unserem Falle dagegen, wo wir es im Stromkreise mit einer Rolle mit Selbstinduktion zu tun haben, wird bei jenem plötzlichen Abfall des Stromes an derjenigen Stelle des Stromkreises, von welcher die Unterbrechung ausgeht, d. h. also an der Anode der Wehneltschen Zelle, eine sehr hohe Spannung, eben die schon erwähnte primäre ‚Öffnungsspannung' erzeugt, die dann den Wasserdampf, welcher den Platindraht der Anode umgibt, in seine Bestandteile, Wasserstoff und Sauerstoff, zersetzt, zwei Gase, die sich zunächst getrennt voneinander an den beiden Grenzschichten der Dampfhülle entwickeln, sich aber durch Diffusion schnell untereinander mischen und dann als Knallgas unter Einwirkung der sich unausgesetzt weiter entwickelnden Öffnungsspannung eine explosionsartige Verbindung eingehen, wodurch die gesamte, den Anodendraht umgebende Gashülle von demselben fortgeschleudert wird und der Strom also dann in sehr kurzer Zeit auf Null herabsinkt, ein Abfall, dem wohl hauptsächlich die Induktionswirkung zuzuschreiben ist. Nach Verlauf desselben tritt dann die Flüssigkeit aufs neue an den Draht heran, und das Spiel kann von neuem beginnen."

Da der Wehnelt-Unterbrecher je nach der aus dem Porzellandiaphragma in die Säure herausragenden aktiven Oberfläche des Platinstiftes eine andere Wirkungsweise zeigt, so ist es nötig, diese aktive Oberfläche variieren zu können. Es erwies sich als unbequem, den Stift am Unterbrecher selbst zu verstellen, namentlich in den Fällen, wo der Unterbrecher außerhalb des Röntgenzimmers aufgestellt ist. Man hat deshalb einen doppelten Weg eingeschlagen, diese Variationsmöglichkeit bequem in der Hand zu haben.

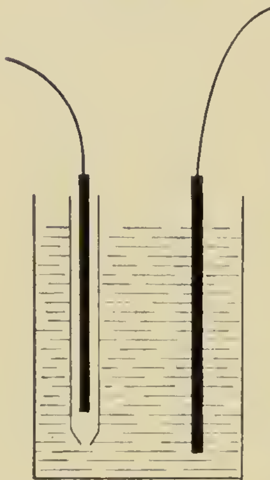
Der Wehnelt-Unterbrecher wurde nach Walter mehrteilig gebaut, mit einer gemeinsamen indifferenten Bleielektrode und mehreren, meist drei aktiven Platinelektroden, welch letztere entweder einzeln oder in Parallelschaltung benutzt werden können. Der erste Platinstift wird z. B. auf eine Anfangsstromstärke von 2—5 Ampere eingestellt, der zweite auf eine solche von 10 Ampere, der dritte auf 20 Ampere. So kann man je nach dem Zustande der Röhre und der gewünschten primären Stromstärke vom Schalttisch aus einen oder den anderen Stift wählen. Enthält der Wehnelt gleich dicke und gleich lang gestellte Platinstifte, so können wir auch zwei oder drei Stifte parallel schalten und gleichzeitig benutzen. Im letzteren Falle vergrößere ich nämlich die aktive Oberfläche (sie wird gleich der Summe der aktiven Oberflächen der parallel geschalteten Stifte), demgemäß wächst die primäre Stromstärke und damit die Intensität der Funkenentladungen, während jeder der drei Stifte sich gleichzeitig an der Unterbrechung beteiligt, so daß der Unterbrechungsvorgang glatter vor sich geht, als wenn nur ein Stift mit entsprechend vergrößerter Oberfläche die Unterbrechung besorgen müßte.

Den zweiten Weg hat Koch beschritten. Er benutzt einen Wehnelt-Unterbrecher mit einem dicken Platinstift und regulierbarer Fernverstellung. Diese wird dadurch erreicht, daß statt der Schraubvorrichtung am Wehnelt-Unterbrecher ein Solenoid angebracht ist, dessen Eisenkern direkt auf den Platinstift wirkt. Am Reguliertisch bzw. Schalttableau befindet sich ein Feinstellwiderstand, der ermöglicht, dem Solenoiden mehr oder weniger Strom zu geben. Schaltet man den Feinstellwiderstand auf stark, so wird der Stift ganz in das Porzellandiaphragma hineingezogen und damit die aktive Oberfläche verkleinert; schaltet man den Widerstand auf schwach, so ragt der Platinstift lang heraus und seine aktive Oberfläche ist groß. Durch diese Stiftverstellung hat man also von der größten bis zur kleinsten Stiftlänge und aktiven Oberfläche eine kontinuierliche Skala, und man kann sich so seiner Röhre und dem gewünschten Effekt aufs genaueste anpassen. Koch empfiehlt, zunächst mit langem Stifte zu beginnen und nun durch Regulierung der Spannung und der Stiftlänge die richtige Funkenzahl und Stromstärke der Röhre zuzuführen.

Wehnelt weist in einer seiner Arbeiten darauf hin, daß der elektrolytische Unterbrecher auch in der Form funktioniert, daß sich in

einem Gefäß mit verdünnter Schwefelsäure ein Reagenzglas mit einer kleinen seitwärts aufgeblasenen oder unteren Öffnung befindet (Fig. 38); eine Elektrode aus Bleidraht taucht in das Reagenzglas, eine zweite gleiche in das große Gefäß. Die Einengungsstelle der Flüssigkeit, also die Unterbrechungsstelle des Primärstromes liegt hier in dem Loch des Reagenzglases. Nach diesem Prinzip ist der Unterbrecher von Simon-Göttingen konstruiert[1]), sowie derjenige von Swinton. Da die mittlere Stromstärke und die Unterbrechungszahl von der Größe des Einengungsloches abhängt, so wird bei diesen Unterbrechern durch eine Schraubvorrichtung ein nach oben konisch zugespitzter Glas- oder Porzellankegel mehr oder weniger in das runde Loch von unten her eingeschoben und dadurch seine Weite reguliert. Entsprechend dem Wehnelt-Unterbrecher wird auch dieser Lochunterbrecher einteilig und mehrteilig gebaut.

Fig. 38.



Auf dem gleichen Prinzip beruht auch der von Ernst Ruhmer-Berlin konstruierte Plättchenunterbrecher, der nach den Angaben seines Erfinders, dadurch, daß bei geeigneten Elektrolyten die eine Bleielektrode durch eine Aluminiumelektrode ersetzt wird, auch direkt bei Wechselstrom oder Drehstrom für unsere Zwecke zu verwenden ist.

Vorteile dieser Lochunterbrecher sind, daß auf die Polarität der Elektroden im allgemeinen nicht geachtet zu werden braucht. (Es ist gleichgültig, welche der Elektroden positiv oder negativ ist); daß ferner der Strom auch unterbrochen wird, wenn keine Selbstinduktion im Stromkreise ist.

Wechselstromunterbrecher.

Die Wechselstromunterbrecher sind heute nur noch wenig im Gebrauch. Sie sind durch die vollkommenen Wechselstromeinrichtungen weit überholt (vgl. die Kapitel: Wechselstrom S. 35 ff. und Unterbrecherlose Röntgenapparate). Bekannt sind besonders:

1. Der mechanisch gleichrichtende Wechselstromunterbrecher von Koch, der, 1902 konstruiert, einen großen Fortschritt bedeutete, denn er war der erste, der das direkte Arbeiten mit Wechselstrom ermöglichte.

2. Der Turbinenwechselstromunterbrecher, der mit selbstanlaufendem Synchronmotor ausgestattet ist, so daß er selbsttätig in Synchronismus mit den Stromwechseln oder Perioden läuft, je nachdem man schnellere oder langsamere Unterbrechungen wünscht.

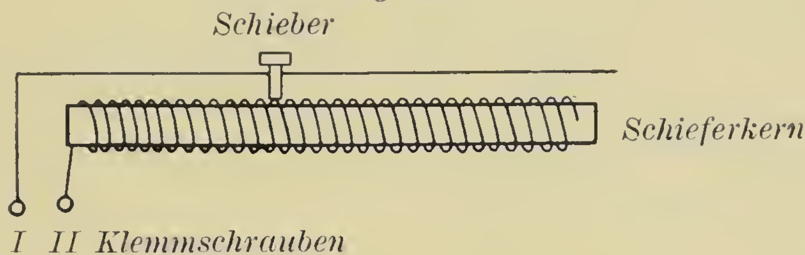
---

[1]) Fabrikation von Siemens & Halske, Berlin, und Polyphos-München.

R e g u l i e r w i d e r s t a n d.

Um den Stromzufluß einer bestimmten Elektrizitätsquelle zum Röntgenapparat oder zum Motor des Unterbrechers in gewissen Grenzen regulieren zu können, müssen wir in die Strombahn einen Widerstand einschalten, der bequem verkleinert oder vergrößert werden kann. Im ersten Kapitel haben wir bereits darauf hingewiesen, daß wir in der

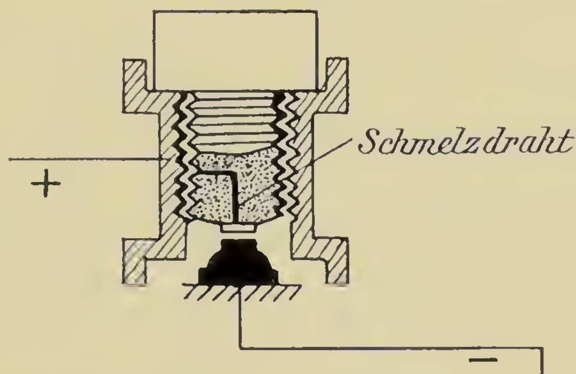
Fig. 39.



Röntgentechnik zu diesem Zwecke Drahtarten verwenden, die weniger gut leiten, z. B. Konstantan, Nickelin, Rheotan usw.

Die entsprechenden Apparate heißen Regulierwiderstände oder R h e o s t a t e n. Besprechen wir zunächst den Regulierwiderstand bei Akkumulatorenbetrieb. Naturgemäß wählen wir, wie wir im vorigen Kapitel gesehen haben, die Zellenzahl entsprechend dem Funkeninduktor, so daß wir also in diesem Fall den Rheostaten nur zur feineren Regulierung gebrauchen. Hierzu eignen sich demgemäß auch kleinere Rheostaten, die vor allem den Vorzug der Billigkeit neben dem der Handlichkeit haben. Sehr

Fig. 40.



bewährt haben sich uns die Schieberrheostaten von R e i n i g e r, G e b b e r t & S c h a l l (Fig. 39). Auf einen Schieferkern ist der Widerstandsdraht von gleichmäßig dickem Querschnitt und einer Stärke, die der zur Verwendung kommenden Stromstärke entspricht, spiralförmig aufgewunden; das eine Ende dieses Drahtes endet in der Klemmschraube II, das andere am nichtleitenden Schieferkern. Die Klemmschraube I steht mit einem Schieber in Verbindung, der an einer Metallstange über die Drahtwicklungen hingleitet. So kann man eine Drahtwindung nach der anderen aus- oder wieder einschalten und demgemäß die kleinsten Abstufungen in der Stromregulierung ermöglichen. Solche Rheostaten

werden auch in den Stromkreis des Motorunterbrechers eingeschaltet, um nach Bedürfnis langsame oder schnelle Unterbrechungen zu erhalten.

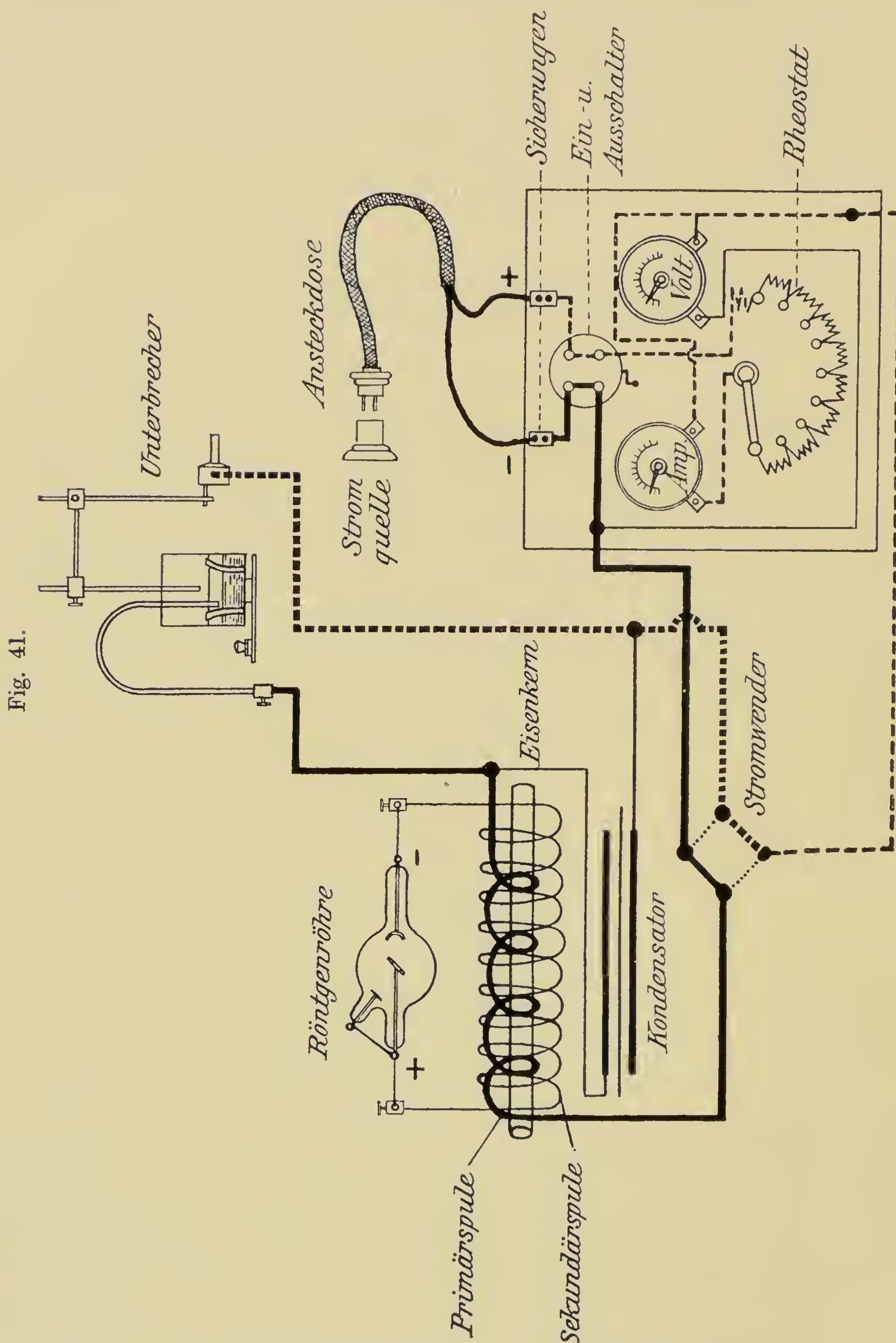


Fig. 41.

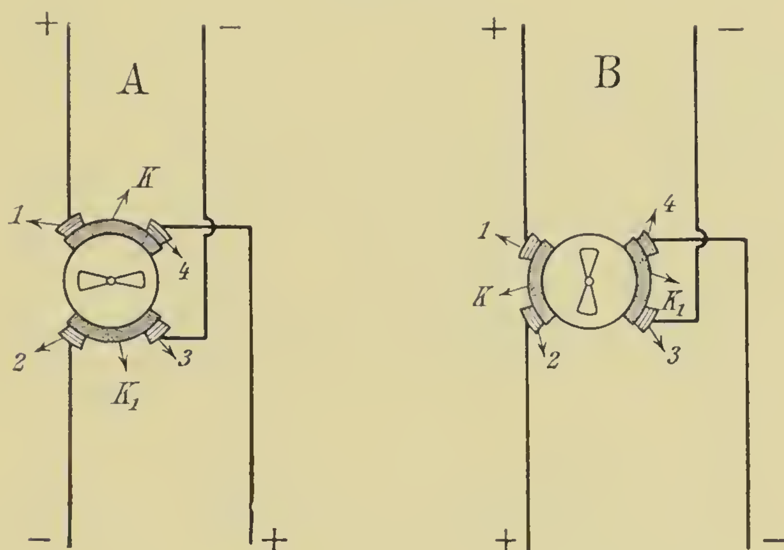
Bei direktem Anschluß an eine Lichtzentrale ist der Rheostat so eingerichtet, daß er eine Regulierung des Stromes in etwas gröberen Abstufungen als der Schieberrheostat gestattet.

Rheostat und alle zugehörigen Ein- und Ausschaltvorrichtungen werden gemeinsam und handlich auf eine Marmorplatte montiert, entweder in Form eines Tisches oder eines Wandtableaus.

Unter oder hinter der Marmorplatte befinden sich in einem Rahmen neben- und übereinander durch Luft isoliert eine Reihe von Widerstandsdrahtspiralen befestigt. Diese Drähte sind durch entsprechende Leitungen mit Metallamellen verbunden, auf welchen eine Regulierkurbel schleift. Auf der schematischen Zeichnung eines kompletten Röntgenapparates (Fig. 41) ist der Stromverlauf und die Wirkung des Regulierwiderstandes dargestellt.

Durch eine Ansteckdose wird das Instrumentarium mit der Stromquelle verbunden. Der Strom muß zuerst zwei Sicherungen durchlaufen und kommt dann zum Ein- und Ausschalter.

Fig. 42.



Die Sicherungen dienen dazu, bei abnorm starken Stromstößen den Röntgenapparat vor Verletzungen dadurch zu sichern, daß im Augenblick des zu hoch ansteigenden Stromes der im Innern montierte Schmelzdraht durchschmilzt und so den Strom momentan unterbricht (Fig. 40).

Vom Ein- und Ausschalter (Fig. 41) läuft der positive Strom in den letzten rechtseitigen Kontaktknopf, dann durch alle Widerstandsspiralen in die Kurbel, von dieser über das Amperemeter, über den Stromwender, den Unterbrecher zur Primärspule und von dieser über den Stromwender, den Einschalter und die Sicherung zur Stromquelle zurück.

Der Stromwender dient dazu, die Pole des Stromes bequem wechseln zu können. Die Fig. 42 A und B demonstrieren dies schematisch.

In Fig. 42 A stellen die Kontaktsegmente K und K_1 die Verbindung her zwischen den Kontaktfedern 1 und 4, bzw. zwischen 2 und 3. Drehen wir den Schaltergriff um 90°, so verschieben sich die Kontakte entsprechend, und es stellt nunmehr K die Verbindung her zwischen den

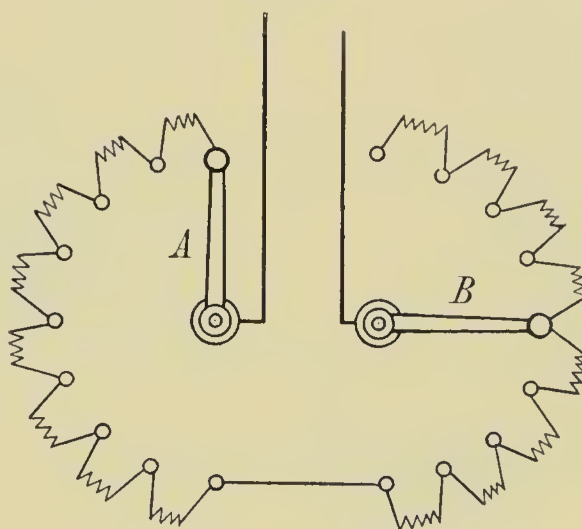
Federn 1 und 2, bzw. K_1 zwischen 3 und 4, wie dies in der Fig. 42 B veranschaulicht ist. Der Effekt der Stromumkehrung in der unteren Leitung ist ohne weiteres klar.

Wenn ich nun auf unserem Schema (Fig. 41) die Kurbel dem letzten Kontaktknopf nach rechts schleifend nähere, schalte ich immer mehr Widerstandsdrahtspiralen aus und erhalte daher einen stärkeren Strom.

Außerdem enthält das Tableau ein Amperemeter im Hauptschluß und ein Voltmeter im Nebenschluß, so daß man imstande ist, jederzeit die dem Röntgenapparat zugeführte Stromstärke und Spannung in Zahlen abzulesen und zu kontrollieren. Das Voltmeter kann durch Verschieben einer kleinen Kurbel in oder außer Tätigkeit gesetzt werden. Damit haben wir gleichzeitig ein einfachstes Schalttableau und einen einfachsten Kurbelrheostaten kennen gelernt.

Wird solch ein Kurbelrheostat bei Akkumulatorenbetrieb angewendet,

Fig. 43.



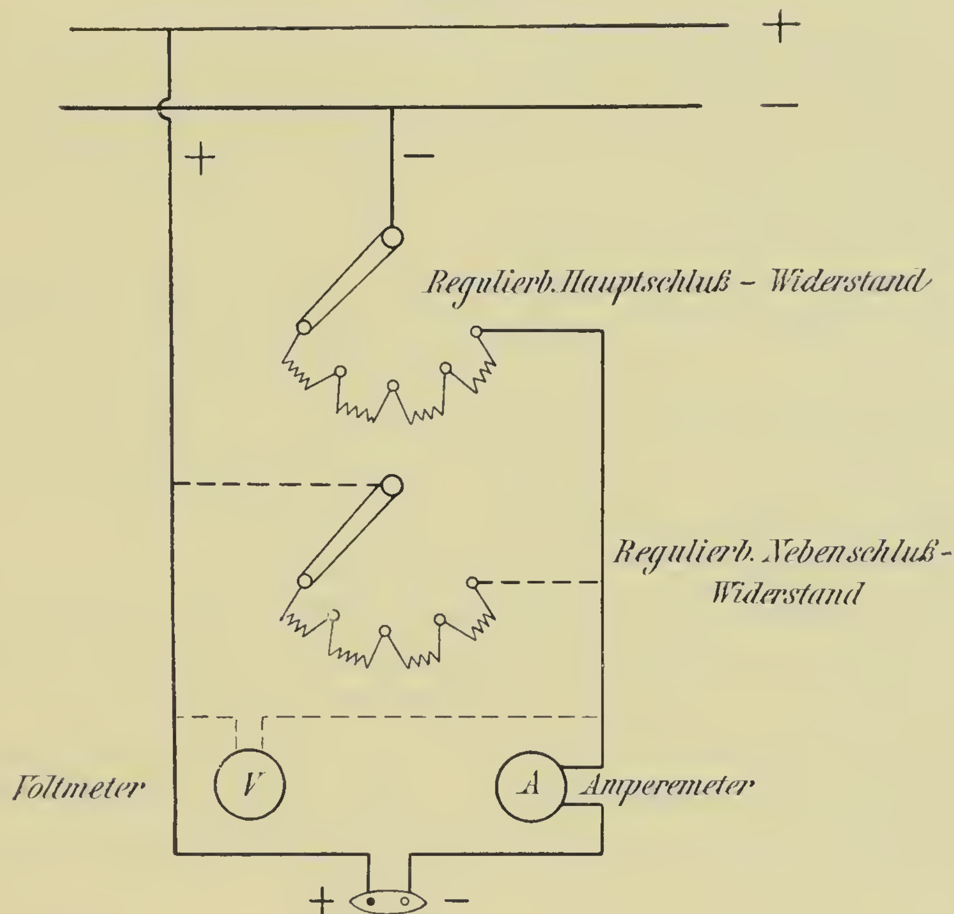
so müssen die Drahtwiderstände von Knopf zu Knopf geringer sein, damit feinere Nüancierungen des Stromes ausgeführt werden können.

Falls eine grobe und eine ganz feine Regulierung des primären Stroms erwünscht ist, so benutzt man zwei Kurbelrheostaten, die sich gegenüberstehen und nacheinander die genaueste Einstellung gestatten. Auf der schematischen Zeichnung (Fig. 43) ist die Einrichtung so getroffen, daß die A-Kurbel links die gröbere Regulierung und die B-Kurbel rechts die feinere Abstufung des Stromes besorgt, indem man von der mittleren Stellung der Kurbel B aus ein gelindes Abschwächen oder Erhöhen des Stromes in der Hand hat; und zwar ist die Summe aller Widerstände rechts gleich dem Widerstande links von einem Knopf zum nächsten.

Wir wollen an dieser Stelle auch noch den sogenannten Nebenschlußwiderstand erwähnen, den Walter-Hamburg in die Röntgentechnik eingeführt hat für die Fälle, wo wir auf ein Elektrizitätswerk mit den Spannungen von 110, 220 oder 440 Volt angewiesen sind.

Wir müssen dann die primär gegebene Betriebsspannung herabsetzen und dies erreichen wir vortrefflich durch einen Nebenschlußwiderstand, der gewissermaßen verteilend auf den Primärstrom und somit abschwächend wirkt. Die Einrichtung eines Nebenschlußwiderstandes

Fig. 44.



wird deutlich aus beistehender schematischer Zeichnung (Fig. 44), und zwar ist derselbe hier ebenfalls regulierbar eingezeichnet. Mat hat es so in der Hand, den Nebenschlußwiderstand ganz einzuschalten (bei linksstehender Kurbel), ihn teilweise auszuschalten und ihn ganz auszuschalten (bei rechtsstehender Kurbel).

Kritische Betrachtung der Röntgeninstrumentarien mit Unterbrecherbetrieb. (Einige Neuerungen.)

In den vorhergehenden Kapiteln haben wir uns orientiert über die Vorgänge im Funkeninduktor und die zahlreichen Unterbrecherarten; ferner über die Stromquellen und die nötigen Widerstände des primären Stromkreises. Auf Grund dieses großen aneinander gereihten Materials wollen wir in diesem Kapitel die bisher gewonnenen Resultate rekapitulieren und zusammenfassend über die Kombination der Apparate bezüglich ihrer Leistungsfähigkeit sprechen.

Wir kommen deshalb zunächst zu der sehr bedeutsamen Frage,

welchen der vielen beschriebenen und angepriesenen Unterbrecher soll man wählen, um erstlich zu den besten Röntgenresultaten zu kommen, um ferner seinen Apparat richtig auszunutzen und um schließlich möglichst sparsam, was Strom- und Röhrenverbrauch anlangt, zu arbeiten?

Wir wissen, daß heute noch etwa 15 % der Röntgeneinrichtungen für Akkumulatorenbetrieb geliefert werden. Für diese Einrichtungen kommen ernstlich nur zwei Unterbrecherarten in Betracht, nämlich die Platinunterbrecher und die Quecksilberunterbrecher in ihren verbesserten Typen als Motorunterbrecher mit Tauch-, mit Strahl-, mit Gleitkontakt oder Quecksilberringkontakt.

Wir nehmen hierbei eins vorweg, nämlich eine Teilung der Induktoren in solche bis zu 30 cm Funkenlänge und zweitens solche von mehr als 30 cm Funkenlänge. Die Urteile aller Elektrotechniker und Praktiker sind darin einig, daß für die größeren Induktoren die Platinunterbrecher nicht brauchbar sind. Die Begründung dieser allgemein anerkannten Tatsache ergibt sich bei der Besprechung der Eigenschaften der Unterbrecherarten von selbst (vgl. S. 51 zweiter Absatz).

Indessen müssen wir zunächst damit rechnen, daß eine kleinere Zahl der im Gebrauch befindlichen Funkeninduktoren weniger als 30 cm Funkenlänge hat. Da diese weniger großen Apparate meist der Billigkeit wegen gekauft werden, so ist es auch erwünscht, einen nicht zu teuren, dabei aber leistungsfähigen Unterbrecher zur Verfügung zu haben. Nun ist im allgemeinen zu konstatieren, daß die Platinunterbrecher sich geringer Beliebtheit erfreuen, besonders bei den Fabrikanten. Wenn diese ihre Anwendung für Induktoren von höchstens 20 cm erlauben wollen und ihm höher hinauf eine brauchbare Leistungsfähigkeit absprechen, so geschieht dies nach unseren Erfahrungen besonders für Durchleuchtungszwecke zu Unrecht. Wir haben selbst, wie schon anfangs erwähnt, zwei Jahre lang mit einem 30-cm-Rühmkorff gearbeitet, der einen einfachen Neefschen Hammer hatte. Gleichzeitig arbeiteten wir mit einem 30-cm-Induktor und einem Motorquecksilberunterbrecher. Wir müssen immer und immer wieder betonen, daß wir mit dem Platinunterbrecher stets ein so vollkommen ruhiges ausgezeichnetes Licht erhalten haben, daß wir zur Durchleuchtung diesen vorzogen. Auch von anderer Seite haben unsere Beobachtungen Bestätigung gefunden.

Zeichnet sich der Platinunterbrecher einmal durch Billigkeit aus und dadurch, daß er uns ein sehr brauchbares Durchleuchtungslicht gibt, so ist er ferner sehr reinlich, einfach, schnell und bequem zu behandeln. Wir haben weiter nichts zu tun, als gelegentlich mit einigen Feilenstrichen die Platinkontakte gerade zu feilen, damit dieselben sich stets recht glatt und mit einer großen Fläche aneinanderlegen. Wollen wir sehr schnelle Unterbrechungen haben, spannen wir durch Vorwärtsdrehen die Schraube

an, so daß der Hammerkopf dem Eisenkern genähert und die beiden Platinkontakte fester aneinander gedrängt werden. Für langsamere Unterbrechungen verfahren wir umgekehrt, d. h. wir drehen die Kontaktschraube zurück. Gleichzeitig erreichen wir dadurch noch etwas anderes. Lassen wir den Unterbrecher durch Andrehen der Schraube schneller arbeiten, so erhöht sich dadurch die Spannung des Induktionsstromes, dagegen nimmt die Stromstärke etwas ab, beim Loslassen der Schraube steigt dagegen unter Abnahme der Spannung die Stromstärke.

Eine Reihe von Nachteilen haften nun allerdings dem Platinunterbrecher an. Erstens gibt derselbe nicht so gleichmäßige Unterbrechungen wie der Motorunterbrecher, auch sind dieselben nicht so plötzlich und vollkommen, da bei dem Auseinanderfedern der Platinkontakte eine so große Spannung in der primären Rolle entsteht, daß der Öffnungsfunke zwischen den Kontakten erscheint. Es geht also der primäre Strom erst auf Null zurück, wenn dieser Öffnungsfunke abgelaufen ist. Aus alledem ergibt sich tatsächlich, daß der Induktionsapparat mit dem Platinunterbrecher nicht seine volle Funkenlänge gibt, d. h. wenn man sich einen Rühmkorff von 30 cm Funkenlänge mit Platinunterbrecher kauft, so würde man, wenn man einen Motorunterbrecher anwendet, noch einige Zentimeter Funkenlänge mehr erzielen.

Noch einen Fehler wollen wir erwähnen; es kann, besonders wenn die Kontaktstifte stark aneinander gedrängt werden, vorkommen, daß dieselben aneinander haften bleiben. Man muß dann sofort den primären Strom unterbrechen, die Kontaktschraube zurückdrehen und durch Geradefeilen die Platinenden wieder glätten. Ich sagte schon oben, daß man dies letztere überhaupt hin und wieder tun muß, da durch den Öffnungsfunken eine Abnutzung der Platinkontakte stattfindet. Übrigens muß ich bemerken, daß das Verkleben der Kontakte sehr selten vorkommt.

Wir haben bisher ganz allgemein vom Platinunterbrecher gesprochen. Größere Leistungsfähigkeit haben der Deprezsche Hammer, der Präzisionsplatinunterbrecher von Levy, der Platinschnellunterbrecher von Dessauer und der Hesychos von Winkler und Haggemiller. Sie alle liefern zahlreichere, exaktere und regelmäßigere Unterbrechungen als der einfache Neefsche Hammer; die Abnutzung der Platin- bzw. Silberkontakte ist eine geringere und das unangenehme Knacken und Klopfen beim Unterbrechen ist stark reduziert.

Hat somit der Platinunterbrecher gewisse Annehmlichkeiten, so kommt er doch, wie schon oben festgestellt, nur für Induktoren bis zu 30 cm in Betracht. Je größer der Rühmkorff desto exakter müssen die Unterbrechungen des primären Stromes stattfinden (vgl. S. 51). Dies leisten nur die Quecksilberunterbrecher. Trotzdem dem Motorunterbrecher mit Tauchkontakt gewisse Nachteile anhaften, wollen wir doch zunächst eine eingehende Würdigung desselben an-

schließen, weil durch Kenntnis aller hierbei in Betracht kommenden Einzelheiten auch das Verständnis für die anderen Typen sehr erleichtert wird.

In den Stromkreis des Motors ist ein regulierbarer Widerstand eingeschaltet, so daß der Strom jeden Augenblick verstärkt oder abgeschwächt werden kann; damit wächst und fällt dann die Tourenzahl. Man hat es so aufs beste in der Hand, je nach Wunsch und Bedürfnis seinen Unterbrecher schnell oder langsam arbeiten zu lassen.

Denn ein für allemal müssen wir uns gegenwärtig halten, daß die sekundäre durch die Röntgenröhre geschickte Energiemenge abhängig ist von der Spannung jeder einzelnen Entladung, von der Stromstärke derselben und von der Zahl der Entladungen in der Zeiteinheit. Je höher die Betriebsspannung ist, desto häufiger darf man den primären Strom unterbrechen, ohne dadurch die sekundäre Leistung jeder einzelnen Unterbrechung wesentlich herabzusetzen. Doch steigt mit der Höhe der Betriebsspannung zugleich die unerwünschte sekundäre Schließungsspannung des Induktors, deshalb ist es günstiger, die Betriebsspannung so niedrig als angängig zu halten. Aber auch die primäre Stromstärke soll nicht unnötig groß genommen werden, wenigstens nicht bei längeren Expositionszeiten, weil sich sonst die primären Drahtwicklungen des Funkeninduktors zu sehr erwärmen würden.

Je geringer also die primäre Spannung und Stromstärke ist, desto langsamer müssen die Unterbrechungen stattfinden, damit der primäre Strom Zeit hat, bis zur genügenden Stärke anzusteigen. Nur dann kann man die dem Apparat entsprechende Funkenlänge und -stärke erzielen. Braucht man demnach zahlreichere Unterbrechungen, so muß man mit Strom von höherer Spannung arbeiten und umgekehrt. Sehr wichtig ist dies bei Verwendung einer hohen Betriebsspannung, also bei Anschluß an eine Gleichstromzentrale; der Unterbrecher muß dann schnell genug eingestellt sein, damit der Schließungsstrom nicht so hoch ansteigt, daß die Isolationsverhältnisse des Induktors leiden.

Denken wir uns nunmehr den Motorunterbrecher so weit zerlegt, daß das Glasgefäß und die zuführenden Stifte entfernt sind (vgl. Fig. 31, S. 52 u. Fig. 41, S. 64). Wir verfahren dann folgendermaßen: zunächst füllen wir in das Glasgefäß eine 2 cm hohe Schicht von Quecksilber, dieses überschichten wir mit einer isolierenden Flüssigkeit. Als solche kann man reines Wasser, Petroleum, 80%igen oder absoluten Alkohol, Terpentinöl, Glyzerin nehmen. Nunmehr stellen wir das gefüllte Glas in den dazu bestimmten Halter. Gleichzeitig schließen wir, um ein Verdunsten zu vermeiden, dasselbe mit einem Hartgummideckel, der zwei Löcher enthält. Dann steckt man den U-förmig gebogenen Kupferbügel mit seinem kürzeren Ende durch das eine Deckelloch, so daß er in das Quecksilber eintaucht, und befestigt das andere in der neben dem Gefäß befindlichen Klemme. Will man den Kontaktstift einsetzen, dreht man stets erst die an der Achse

des Elektromotors befindliche Scheibe so weit, bis das kleine Verbindungsstück derselben seine tiefste Stellung eingenommen hat. Ferner dreht man durch die Hebvorrichtung das Quecksilbergefäß in seine niedrigste Lage und schraubt nun erst den Kontaktstift so tief ein, daß seine Spitze gerade eben in das Quecksilber eintaucht. Jetzt sind wir so weit, den Unterbrecher einzuschalten und danach den Strom für den Induktor. Die Stromregulierung findet durch einen passenden Rheostaten statt, außerdem kommt nunmehr die äußerst wichtige und bequeme Hebvorrichtung des Glasgefäßes und damit ein Tiefertreten des Kontaktstiftes in das Quecksilber in Anwendung. Nehmen wir eine bestimmte Tourenzahl des Unterbrechers, so wird jedesmal der Kontaktstift eine gewisse Zeit im Quecksilber verweilen, ehe die Stromöffnung stattfindet. Hebt man das Glasgefäß, so verlängert man bei gleicher Tourenzahl die Zeit des Eintauchens; die Stromstärke kann mehr ansteigen, infolge davon wächst die sekundäre Intensität. Senkt man das Gefäß, vermindert man umgekehrt die Kontaktzeit.

Verändern wir dagegen die Tourenzahl, so wird bei schnellerem Gang die Kontaktzeit und damit die sekundäre Leistung sinken, bei langsamerem Gang umgekehrt steigen. Da wir dies Heben und Senken ausführen, während der Unterbrecher im Gange ist, so können wir an der Röhre den Effekt unserer Hantierungen stets gleichzeitig kontrollieren und uns daraus praktisch eine Methode konstruieren.

Ist der Unterbrecher etwa acht Tage angestrengt in Tätigkeit gewesen, so wird die Flüssigkeit oberhalb des Quecksilbers trübe, da sich infolge des Öffnungsfunkens Oxydationsprodukte bilden, die zu Verschmutzung führen; ferner wird, wie man sich durch den Augenschein überzeugen kann, jedesmal durch den austretenden Kontaktstift etwas Quecksilber mit hochgerissen, so daß sich in dem allmählich entstehenden Schlamme kleine und kleinste Quecksilberkugeln befinden.

Die Oxydationsprodukte sind reichlicher, wenn man Wasser verwendet. Gut hat sich uns als Deckflüssigkeit 80%iger Alkohol bewährt, ohne daß wir eine Abnahme der Funkenlänge hätten nachweisen können. Der Kontaktstift besteht ganz aus Kupfer, nur unten trägt er einen kleinen Ansatz von Platin. Noch besser ist ein Kontaktstift, dessen untere Hälfte wasserdicht mit Hartgummi[1]) umkleidet ist, so daß beim Eintauchen nur der kleine Platinansatz den Kontakt mit dem Quecksilber herstellt. Eventuelle Oxydationsprozesse zwischen dem Stift und der Deckflüssigkeit sind dann ausgeschlossen.

Zwecks Reinigung lassen wir unter Umrühren des Quecksilbers frisches Wasser in das Gefäß laufen, bis das Wasser ganz klar abläuft und das Quecksilber wieder rein und glänzend aussieht. Eventuell kann

[1]) Kontaktstifte dieser Art stellt Reiniger, Gebbert & Schall-Erlangen nach meinen Angaben her.

man das Quecksilber, wenn man es noch sauberer haben will, durch eine drei- bis vierfache Mulllage oder durch ein Filter im Glastrichter mit feiner Durchbohrung an der Spitze filtrieren. Im übrigen ist stets für eine gut ausreichende Ölung an allen sich reibenden Teilen zu sorgen.

Aus alledem ersieht man zur Genüge, daß zur Instandhaltung des Motorunterbrechers eine gewisse Akkuratesse und zu seiner richtigen Benutzung eine genaue Beachtung aller kleinen Vorteile gehört. Man muß seinen Motorunterbrecher studieren und wird immer besser und sicherer mit ihm arbeiten.

Welche Variationen gestattet uns nun dieser Unterbrechertypus? Ich halte die Beantwortung dieser Frage für wichtig, weil sich daraus mit Notwendigkeit die Güte desselben an sich ergibt.

Wir können die Unterbrechungen langsamer oder schneller stattfinden lassen.

Wir können den Kontaktstift tiefer oder weniger tief eintauchen lassen und damit den Stromschluß lang oder kurz gestalten.

Wir können langsam unterbrechen mit gleichzeitigem Tiefstand des Kontaktstiftes und somit die Stromschließungsdauer langsam und lang vor sich gehen lassen.

Wir können langsam unterbrechen und trotzdem durch Höchststand des Kontaktstiftes den Stromschluß nur kurz gestalten.

Wir können schnell unterbrechen mit Tieftauchen des Kontaktstiftes und damit den Strom verhältnismäßig lange schließen.

Wir können schnell unterbrechen mit Flachtauchen des Kontaktstiftes und damit den Strom für ganz kurze Zeit schließen.

Da wir ferner durch den Widerstand den primären Strom aufs feinste abstufen können, so ist tatsächlich bei dieser Apparatkonstellation eine ausgezeichnete Regulier- und Variationsfähigkeit der Röntgeneinrichtung gewährleistet.

Aus dem Kapitel über Unterbrecher kennen wir den Bau der Motorunterbrecher mit Strahl-, Gleit- und Quecksilberringkontakt. Dieselben bieten in noch höherem Maße die oben geschilderten Vorteile. Am vollkommensten arbeiten zurzeit jedenfalls die Gasunterbrecher und die Motorunterbrecher mit Quecksilberringkontakt. Ihre Bedienung ist sehr einfach und sauber. Die Verschlammung durch mechanische und Oxydationsprozesse ist auf das denkbar minimalste Maß herabgesetzt. Der exakten Trennung der Kontakte geht ferner jedesmal eine sehr intensive Kontaktbildung voraus; trotzdem findet eine Abnutzung der inneren Teile kaum statt. Die Zahl der Unterbrechungen kann ganz beliebig eingestellt werden und die Unterbrechungen gehen auch bei Anschluß an Gleichstrom hoher Spannung und bei großer Stromstärke sicher und exakt vor sich, ebenso bei kleineren wie bei größeren Leistungsinduktoren. Die Stromschlußdauer kann ebenfalls reguliert werden,

und die unangenehmen Unterbrechungsgeräusche fallen fast vollkommen fort. Außerdem muß noch hervorgehoben werden, daß die Schließungsspannung außerordentlich gering ist.

Aus alledem geht hervor, daß wir für den Akkumulatorenbetrieb sehr gute Unterbrecher zur Verfügung haben. Wir würden demnach raten, wenn man bei Akkumulatorenbetrieb möglichst vollkommen arbeiten will, einen Quecksilberstrahl- oder Schleifkontaktunterbrecher mit regulierbarer Stromschlußdauer oder einen der Quecksilberringunterbrecher anzuschaffen.

Nach den uns gewordenen Mitteilungen wird bei fast 80 % aller Röntgeneinrichtungen mit Anschluß an eine Gleichstromzentrale gearbeitet. Wir haben somit hierin die Normalanlage zu sehen.

Von den Unterbrechern stehen uns hier zur Verfügung die verschiedenen Quecksilberunterbrecher und der Wehnelt-Unterbrecher.

Da ich mich über die Arbeit mit dem Quecksilberunterbrecher auf die vorausgegangenen Ausführungen beziehen kann, soll hier nur die Induktoreinrichtung mit Wehnelt eingehend gewürdigt werden.

Aus dem Kapitel „Unterbrecher“ ist der Bau des Wehnelt bekannt, desgleichen wissen wir bereits, daß der Induktor ohne den Kondensator angeschlossen wird; der Anschluß gestaltet sich also wie in Fig. 37, S. 59 ersichtlich. Ferner hatten wir bei der Besprechung des Wehnelt-Unterbrechers bereits angedeutet, daß die Selbstinduktion der primären Spule das Bedingende für den Eintritt der stromunterbrechenden Wirksamkeit an der Platinelektrode ist.

Wir verstehen bekanntlich unter Selbstinduktion der Primärspule einen von Faraday entdeckten Vorgang, der darin besteht, daß beim Schließen und Öffnen des primären Stromes in der Primärspule selbst Induktionsströme entstehen (vgl. S. 42).

Der Selbstinduktionskoeffizient einer Spule ist abhängig von ihrer Form und Länge, ihrem Querschnitt und ihrer Windungszahl. Ferner wird er beeinflußt durch die Größe des Eisenkerns und durch innere und äußere Verhältnisse der sekundären Spule.

Ändern wir also bei gegebener Größe des Eisenkerns und gegebenem Charakter der sekundären Spule die Primärspule, so erreichen wir dadurch eine Verschiedenheit der Selbstinduktion.

Es gebührt Walter das Verdienst, in diese für die Röntgentechnik wichtigen Verhältnisse Klarheit gebracht und die Herstellung solcher Spulen mit variabler Selbstinduktion gelehrt zu haben.

Um z. B. eine dreifache Abstufung der Selbstinduktion zu erreichen, sind um den Eisenkern vier selbständige, übereinanderliegende Draht-

lagen von je gleicher Windungszahl gewickelt, deren acht Enden jedes gesondert in acht Lochkontakten endigen. Je nachdem man nun durch Stöpselkontakt oder Pachytropeinrichtung diese Drahtlagen parallel oder hintereinander schaltet, kann man den primären Strom schicken 1. durch die vier parallel geschalteten Drahtlagen zugleich, oder 2. durch je zwei parallel geschaltete Drahtlagen zugleich, oder 3. durch alle vier Drahtlagen hintereinander. Im letzteren Falle umstreicht der Strom den Eisenkern doppelt so oft wie im zweiten, und dementsprechend ist der Selbstinduktionskoeffizient der Schaltung III doppelt so groß wie bei II. Im ersten Fall umkreist der Strom den Eisenkern nur ein Viertel so oft wie im letzten, demgemäß ist der Selbstinduktionskoeffizient viermal geringer als bei III.

Auf die Verhältnisse der Selbstinduktion war bei dem früheren Bau der Induktoren vor der Wehnelt-Ära wenig Rücksicht genommen worden. Daraus resultierten anfangs, als der Wehnelt-Unterbrecher an die vorhandenen Induktoren der Röntgeneinrichtungen angeschlossen wurde, die allerverschiedensten Resultate. Unser damaliger 50-cm-Induktor gab z. B. bei direktem Anschluß an eine Lichtleitung von 110 Volt ohne Widerstand nur etwa 20 cm Funkenlänge, sodaß ich alle meine Röhren, auch die weichen, benutzen und sehr sparsam und doch sehr gut arbeiten konnte. Der Grund dieser Tatsache lag darin, daß die Primärrolle zufällig eine sehr hohe Selbstinduktion hatte.

Von anderen Seiten kamen dagegen Klagen, daß der Betrieb mit dem Wehnelt die guten brauchbaren Röhren in kürzester Zeit vernichtete; mitunter sind Röhren sogar durch einmalige Beanspruchung unbrauchbar geworden.

Wurde andererseits versucht, durch Einschaltung von Widerstand die Energie des Induktionsstromes herabzusetzen, so versagte der Wehnelt. In diesen Fällen war die Selbstinduktion der vorhandenen Primärspulen eine zu geringe.

Walter hat durch seine sorgfältigen Untersuchungen den Wehnelt-Betrieb zuerst in brauchbarer, rationeller Weise ausgebaut, indem er feststellte, daß wir im Interesse der Haltbarkeit der Röhren mit einer möglichst geringen Betriebsspannung und mit einer Primärspule von möglichst hoher Selbstinduktion arbeiten müssen. Zu diesem Resultat kam Walter durch den Nachweis, daß der schnelle Verbrauch an Röntgenröhren in erster Linie von dem schädigenden Einfluß des zu hoch gespannten sekundären Schließungsstromes des Induktors abhängig ist. Es galt also vor allem die Spannung des sekundären Schließungsstromes herabzusetzen. Da diese Spannung nun direkt proportional mit der Größe der angewandten Betriebsspannung und in nahezu umgekehrtem Verhältnis mit der Größe der Selbstinduktion der Primärspule wächst, so resultiert daraus der obige Waltersche Satz.

Im Hinblick auf diese Lehrsätze werden wir also den Widerstand so einrichten, wie wir es S. 66 u. 67 beschrieben haben. Außerdem muß die Primärspule den sehr verschiedenen Qualitäten unseres Röhrenmaterials anzupassen sein; wir kommen später im Kapitel über die Röhren auf diesen Faktor noch einmal zurück, wenn wir von dem Betrieb der weichen und harten Röhren im speziellen sprechen. Wir wollen uns jedoch hier bereits gegenwärtig halten, daß wir immer mit einer möglichst hohen Selbstinduktion arbeiten sollen; da aber bei einer sehr hohen Selbstinduktion der Induktor von 50 cm Funkenlänge nur noch Funken von etwa 10—12 cm gibt, so müssen wir imstande sein, wenn wir der Röhrenqualität wegen größere sekundäre Spannung nötig haben, die Selbstinduktion zu mäßigen, auf die niedrigst zulässige Stärke herabzusetzen, mit einem Worte zu verändern.

Daraus wird klar, wie wertvoll die von Walter eingeführten Induktoren mit einer Primärspule mit „veränderlicher Selbstinduktion“ sind.

Ich hatte oben auseinandergesetzt, in welcher Weise Walter eine Primärspule mit einer dreifachen Abstufung der Selbstinduktion bauen läßt. Nach unseren Erfahrungen genügt eine solche Dreistufigkeit vollkommen und für alle Fälle. Ich selbst arbeite jetzt seit mehr als 12 Jahren mit dreistufiger Selbstinduktion und habe noch keinen Fall erlebt, in welchem diese Veränderungsmöglichkeit nicht genügt und ausgereicht hätte.

Aus dem bisherigen wissen wir also, daß mit der Veränderung der Selbstinduktion eine Veränderung der Funkenlänge Hand in Hand geht. Hohe Selbstinduktion gibt kurze Funken, je niedriger die Selbstinduktion, um so länger werden dieselben.

Außerdem hat schon Wehnelt nachgewiesen, daß bei sonst gleichen Verhältnissen mit der Verminderung der Selbstinduktion die Unterbrechungszahl wächst, bei hoher Selbstinduktion finden die Unterbrechungen langsamer statt.

Schließlich sei noch hervorgehoben, daß die Veränderung der Selbstinduktion auch die Qualität der Funken, äußerlich sichtbar an Farbe und Massigkeit, verändert. Bei hoher Selbstinduktion erhalten wir dickere, hell und blau leuchtende Funken, bei herabgesetzter Selbstinduktion werden die Funken dünner, büscheliger, die Farbe wird mehr rotgelb usw.

Über die Variationsmöglichkeit durch den mehrstiftigen Wehnelt-Unterbrecher usw. habe ich bereits S. 61 eingehend berichtet, so daß ich hierauf und auf die Fernverstellung des Platinstiftes nach Koch verweisen kann.

Nachdem wir so die Anpassungsfähigkeit bei Wehnelt-Betrieb im Hinblick auf die veränderliche Selbstinduktion der Primärspule und die

veränderliche Größe der aktiven Elektrode besprochen haben, bleibt uns noch übrig, auf die Veränderungsfähigkeit, die Regulierbarkeit des primären Stroms einzugehen.

Wir wissen aus dem Kapitel über die Widerstände, daß induktionsfreie Widerstände im primären Stromkreise eingeschaltet im Sinne einer Verminderung der primären Spannung wirken. Und wir haben bereits betont, daß wir gezwungen sind, bei Anschluß an eine Lichtleitung von 110 oder sogar 220 Volt durch den S. 67 beschriebenen Nebenschlußwiderstand (und eventuell auch durch einen geeigneten Vorschaltwiderstand) die Betriebsspannung auf etwa 65 Volt herabzusetzen. Vermittels des regulierbaren Hauptwiderstandes haben wir es dann in der Hand, mit mehr oder weniger herabgesetzter primärer Stromspannung zu arbeiten; siehe Zeichnung 44, S. 67.

Wir gebrauchen diese Spannungsregulierung, um die Zahl der Unterbrechungen des Wehnelt zu verändern; je mehr Widerstand wir also ausschalten, eine um so höhere Unterbrechungszahl erreichen wir, und wir wollen hier gleich betonen, daß es am richtigsten ist, die Unterbrechungszahl immer nur so hoch zu wählen, als es im gegebenen Falle unbedingt nötig ist.

Da nun außerdem eine große primäre Stromstärke im Höchstbedarf von dem Induktor verlangt wird, so ist es ferner notwendig, die Zuleitungsdrähte von einer hierfür nötigen Stärke zu nehmen, desgleichen die Dicke der Widerstandsdrähte so einzurichten, daß sie einen Strom von der notwendigen Amperezahl verträgt.

Um den unangenehmen Lärm des Wehnelt-Unterbrechers möglichst zu beseitigen, ist von Reiniger, Gebbert & Schall ein Schalldämpfer konstruiert. Der Lärm entsteht ja dadurch, daß die Stöße der explodierenden Gashülle durch die unkomprimierbare Flüssigkeit schallerzeugend auf die äußeren Gefäßwandungen übertragen werden, während der Schalldämpfer die Stöße mit einem elastischen Luftpolster auffängt.

Ich will auch am Schlusse dieser wichtigen und eingehenden Erörterungen wieder zusammenfassend feststellen, welche Variationen der Wehnelt-Unterbrecher in Verbindung mit einer Primärspule für veränderliche Selbstinduktion gestattet.

Wir können die Unterbrechungszahl regulieren

1. durch den regulierbaren Widerstand allein;
2. durch Veränderung der Stiftlänge;
3. durch Veränderung der Selbstinduktion der Primärspule.

Dementsprechend werden wir immer derartig kombinieren, daß wir bei Benutzung des einen dieser drei Faktoren die anderen beiden abschwächen. Arbeiten wir also z. B. mit kurzem Stift, so erhalten wir sehr schnelle Unterbrechungen, deshalb lassen wir möglichst viel Wider-

stand eingeschaltet. Oder: wir benutzen eine sehr große Selbstinduktion, dadurch werden an sich die Unterbrechungen langsamer; brauchen wir aber sehr schnelle, schalten wir viel Widerstand aus. Diese Beispiele sind also nur gewählt vom Standpunkte der Unterbrechungszahl aus.

Zweitens können wir die Funkenlänge und Funkenqualität regulieren

1. durch Veränderung der Selbstinduktion der Primärspule;
2. durch Veränderung der Stiftlänge;
3. durch den regulierbaren Widerstand.

Auch hier müssen wir wieder sinngemäß die einzelnen Faktoren zusammen brauchen und sich gegenseitig unterstützen lassen.

Wählen wir z. B. eine hohe Selbstinduktion, so erhalten wir eine geringe Funkenlänge. Würden wir dabei die aktive Elektrode vergrößern, so würden wir allerdings etwas längere Funken erhalten, gleichzeitig würde aber die primäre Stromstärke zu sehr ansteigen, so daß daraus Schädigungen der Röhren entständen.

Wir werden also im allgemeinen bei hoher Selbstinduktion den Platinstift kurz nehmen, bei niedriger Selbstinduktion dagegen den Stift länger nehmen. Ist der Platinstift nämlich bei niedriger Selbstinduktion zu kurz, so tritt gar keine Unterbrechung ein, der Wehnelt funktioniert nicht. Je größer aber die Anodenoberfläche wird, um so exakter werden die Unterbrechungen und um so länger gleichzeitig die Funken. Man muß dabei aber Widerstand ausschalten, um die nötige primäre Spannung zu haben.

Schematisch kann man also festsetzen:

I. Selbstinduktion hoch — Unterbrecherstift kurz — Widerstand groß.

II. Selbstinduktion mittelhoch — Unterbrecherstift mittellang — Widerstand mittelgroß.

III. Selbstinduktion niedrig — Unterbrecherstift lang — Widerstand gering.

Im Hinblick auf dieses Schema muß man also für jeden einzelnen Fall das Richtige finden, und zwar soll man stets mit recht großer Vorsicht und Schonung beginnen. Den Anfang macht also Schaltung I; durch Ausschalten von Widerstand und Veränderung der Stiftlänge probiert man weiter, um wenn nötig allmählich über II auf Schaltung III zu kommen.

Wir sehen aus diesen Darlegungen, daß die Variationsfähigkeit eine enorme ist. Sie ist aber kompliziert und für den Anfänger besonders deshalb so schwierig, weil die Veränderung der einzelnen Komponente immer die verschiedenartigsten Änderungen im sekundären Stromkreis im Gefolge hat.

Durch die Praxis hat sich also ergeben, daß einer bestimmten Größe der Selbstinduktion jedesmal eine bestimmte Anodenstiftlänge als die

beste entspricht Deshalb ist es zweckmäßig, die Zahl der Platinstifte im Wehnelt gleich der Zahl der Selbstinduktionsschaltungen zu nehmen.

Um die Schaltung einer dreiteiligen Primärspule und eines dreiteiligen Wehnelt jedesmal mit einem Griff vornehmen zu können, hat man sogenannte Kombinationsschalter konstruiert.

Auf dem folgenden Schaltungsschema Fig. 45 für eine Röntgeneinrichtung mit Schaltung nach Walter und dreiteiligem Wehnelt-Unterbrecher ist solch ein Kombinationsschalter in Anwendung gebracht worden.

In das Schema sind eingezeichnet:

1. Ein Induktor für 50 cm Funkenlänge mit dreifacher Walter-Teilung.
2. Ein Wehnelt-Unterbrecher mit einer Bleielektrode und drei verschieden großen Platinelektroden.
3. Ein Quecksilbermotorunterbrecher und Kondensator.
4. Eine große Schalttafel. Diese enthält:
   a) die Anschlußdosen A für den Netzanschluß,
   I für den Induktor,
   U für den Unterbrecher.
   b) einen Hauptausschalter A;
   c) ein Amperemeter im Hauptschluß;
   d) ein Voltmeter im Nebenschluß;
   e) für die beiden letzten eine Sicherung und eine Glühlampe;
   f) einen Kombinationsschalter; der Stellung B entspricht: Hohe Selbstinduktion — kurzer Stift, der Stellung F mittlere Selbstinduktion — mittlerer Stift und der Stellung F 1 niedrige Selbstinduktion — langer Stift.
   g) einen Regulierwiderstand, welcher durch die beiden Regulierkurbeln K g und K f verändert wird; K g dient zur groben, K f zur feineren Einstellung. Die den Kontakten beigeschriebenen Zahlen bedeuten in ihrer Summe den eingeschalteten Widerstand in Ohm;

Das zweifache Kabel rechts oben dient zum Anschluß an die Stromquelle, und zwar liegt der negative Draht oben.

Das vierfache Kabel J dient zum Anschluß an den Induktor; und zwar werden die Enden dieses Kabels (0, 1, 2, 3) mit den entsprechenden Klemmen der Primärspule verbunden.

Ein weiteres sechsfaches Kabel U stellt die Verbindung mit dem Wehnelt- und dem Quecksilberunterbrecher her.

Es läuft also der Strom aus dem positiven Netzanschlußdraht durch eine Sicherung und durch den Anschlußstöpsel und die Anschlußdose A zum Hauptschalter A. Von dort durch die Anschlußdose J. durch den Induktor bei 0 eintretend, alle Windungen passierend und bei 3 austretend

zur Ansteckdose J zurück und zum Kontaktknopf 3 des Kombinationsschalters; weiter durch seinen linken Arm aufwärts, durch den rechten abwärts zum Wehnelt-Stift 3; durch die Schwefelsäure des Wehnelt zur Bleielektrode 0; von hier zum 0-Knopf des rechtsgezeichneten Regulierwiderstandes, über den nächsten Knopf zum 0,2-Knopf, durch die Kurbel K f zur

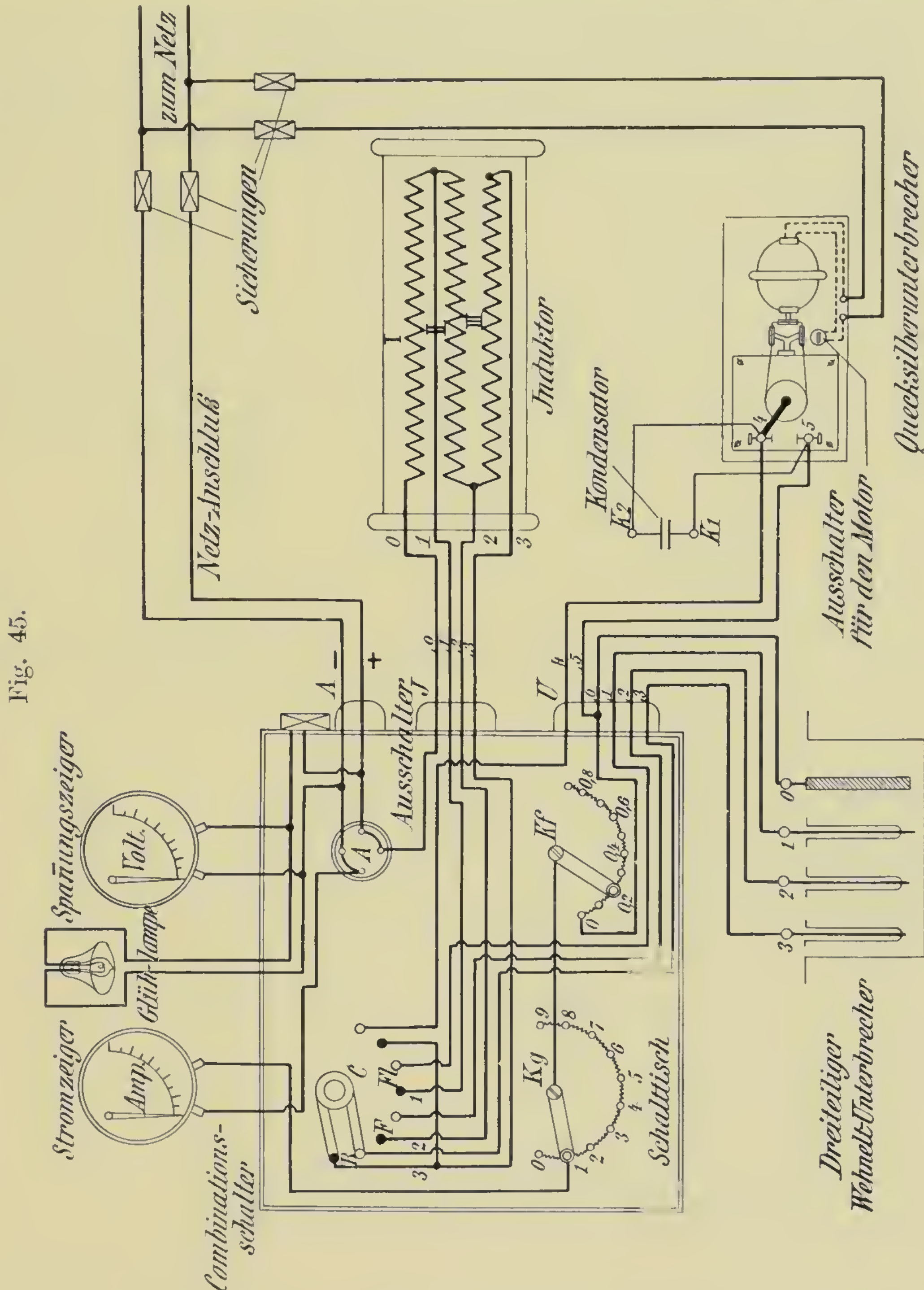


Fig. 45.

Kurbel K g und über den 1. Kontaktknopf aufwärts durch das Amperemeter zum Hauptschalter A zurück und schließlich durch die Ansteckdose A und das — Kabel über die Sicherung oben rechts in die Netzleitung.

Bei Inbetriebsetzung des Induktors bleibt der Kombinationsschalter bei B stehen, dagegen führt man die Kurbel K g auf den Kontakt 9, so daß also aller Widerstand links eingeschaltet ist.

Nunmehr wird der Strom durch den Hauptschalter A eingeschaltet. Durch Ausschalten des Widerstandes mittels Kurbel K g wird die gewünschte Unterbrechungszahl usw. eingestellt; die feinere Einstellung erreicht man dann durch die Kurbel K f.

Um die Einrichtung außer Betrieb zu setzen, schaltet man mittels des Hauptschalters A den Strom wieder aus.

Führt man aber den Kombinationsschalter ganz nach rechts, so ist der rechts unten eingezeichnete Quecksilbermotorunterbrecher eingeschaltet und gleichzeitig die hohe Selbstinduktion des Induktors samt Kondensator. Nachdem nunmehr der Motor des Unterbrechers in Gang gesetzt ist, wird der Strom wieder durch den Hauptschalter A eingeschaltet.

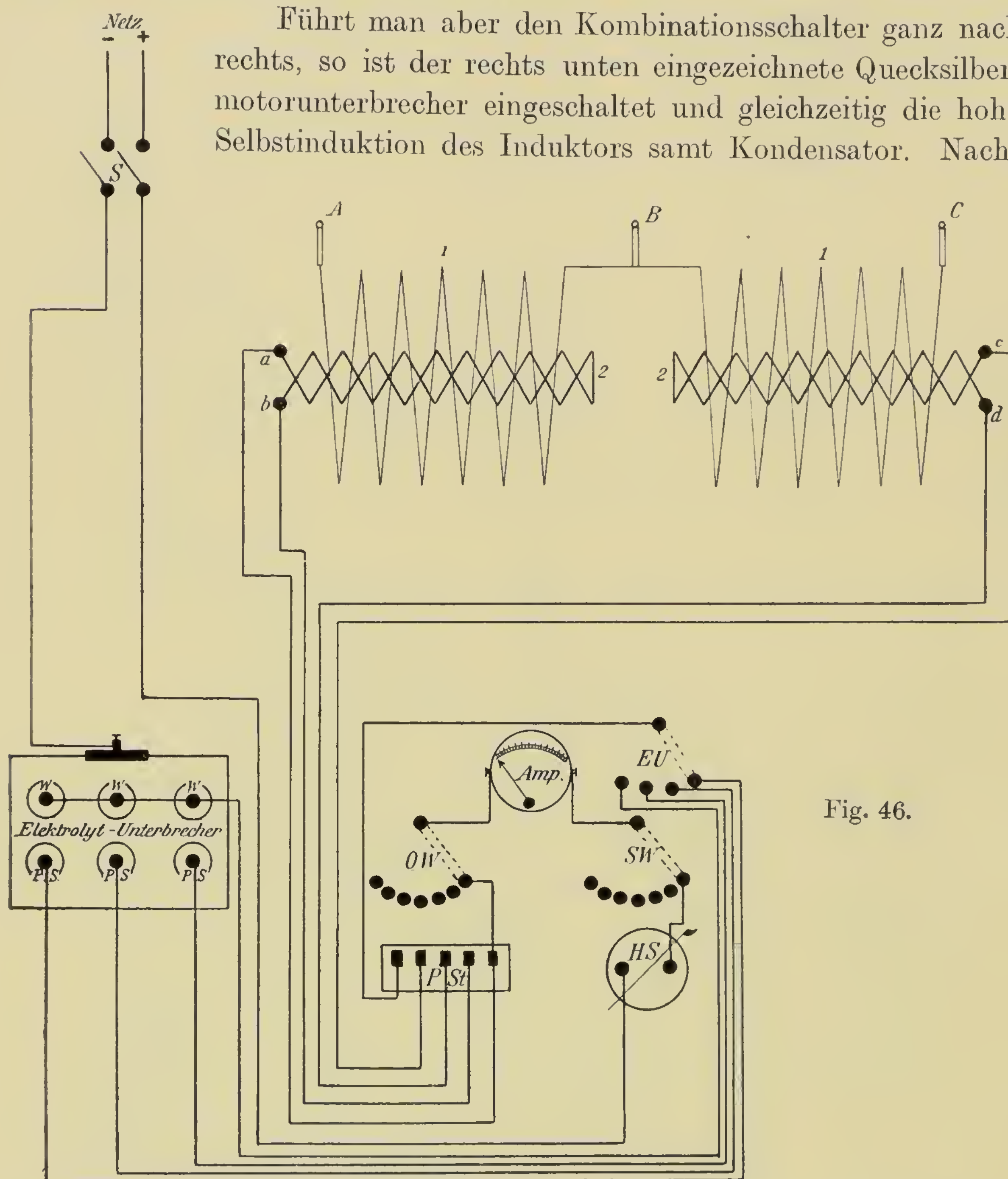


Fig. 46.

In ähnlicher Weise ist meine eigene von K o h l - Chemnitz gelieferte Röntgeneinrichtung ausgestaltet. Nur fällt an derselben der Kombinationsschalter weg. Die Wehnelt-Stifte werden von besonderen Schaltern aus einzeln oder in Parallelschaltung benutzt und mittels eines Walzenschalters (Pachytrop) kann die dreifach unterteilte Primärspule mit gewünschter

Selbstinduktion eingeschaltet werden. Da unsere Lichtleitung in Halle als Dreileitersystem gebaut ist und größere Apparate an die beiden Außenleiter bei einer Spannung von 2 × 220 Volt angeschlossen werden müssen, so ist dem Röntgenapparat ein festliegender Widerstand dauernd vorgeschaltet.

Von den bisher beschriebenen Induktoren unterscheidet sich der Universalinduktor von Rosenthal[1]) neben anderem dadurch, daß er außer der mehrfach unterteilten Primärwicklung auch zwei oder mehrere Sekundärwicklungen besitzt, welche ebenfalls parallel oder hintereinander geschaltet werden können. Die Fig. 46 gibt uns einen schematischen Überblick über den Stromverlauf und die Kombinationsmöglichkeiten des ausgezeichneten Apparates von Rosenthal, der in seiner neuesten Ausführungsform in einen Eichenholzkasten eingeschlossen und mit einem fahrbaren Schalttisch versehen ist, welcher die Meß-, Schalt- und Regulierungsvorrichtungen enthält. In das Schaltungsschema ist eingezeichnet:

1 = Sekundärwicklungen; A, B, C: Enden der Sekundärwicklungen. Die verschiedenen Schaltungen der letzteren werden durch Heben und Senken eines an der Außenseite des Induktorkastens befindlichen Gewichtes automatisch betätigt.

2 = Primärwicklungen; a, b, c, d: Enden der Primärwicklungen.

S = zweipoliger Hebelschalter, der die Netzspannung ab- oder zuschaltet.

W = drei parallel geschaltete Wehnelt-Einsätze für die stärksten Belastungen; also für Blitz- und Momentaufnahmen.

PS = drei Polyphos-Simon-Einsätze, von denen einer so einreguliert ist, daß er für schnelle und mittelschnelle Aufnahmen dienen kann, während die beiden anderen Polyphos-Simon-Unterbrecher etwas schwächer eingestellt sind und für Durchleuchtung und Therapie dienen. Selbstverständlich kann die Art und Zahl der Unterbrecher in beliebiger Weise variiert werden und ebenso die Kombination von Unterbrechern, Primärwicklungen und Sekundärwicklungen. Infolge dieser großen Variationsmöglichkeit kann für jeden radiologischen Zweck die günstigste Kombination gewählt werden, die auf Grund von wissenschaftlichen und praktischen Versuchen, welche Rosenthal ausführte, festgelegt sind.

OW = Ohmscher Widerstand. Derselbe dient zur feineren Regulierung des Primärstromes.

SW = Selbstinduktionswiderstand, der zur gröberen Abstufung des Primärstroms dient.

EU = Elektrolytumschalter; derselbe ist auf dem Schalttisch angebracht; man kann von ihm aus bequem durch Umschalten des Hebels jeden gewünschten Elektrolytunterbrecher sofort in Betrieb nehmen.

---

[1]) Polyphos Elektr.-Ges., München.

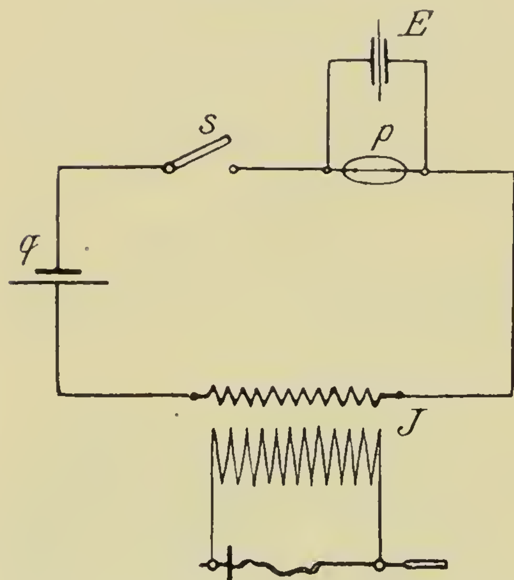
PSt = Primärstecker; durch das Einsetzen verschiedener Stecker in den dazu gehörigen Behälter wird die Primärschaltung des Induktoriums variiert.

HS = Hauptschalter. Mit diesem wird der Röntgenapparat eingeschaltet.

War es Rosenthal und Rieder bereits früher gelungen, die Röntgenwelt mit außerordentlich kurzzeitigen guten Röntgenaufnahmen zu überraschen, so wurde von ihnen mit diesem neuen Instrumentarium das Schnell- und Momentaufnahmeverfahren zu einer Methode ausgebildet, und das gab den Anstoß, daß von vielen Seiten diesem wichtigen Problem zu Leibe gegangen wurde.

Bei allen hierhergehörigen Versuchen hat es sich darum gehandelt, durch die Einführung sehr großer primärer Energiemengen in den eigens gebauten Induktor eine sehr große sekundäre Energie zu erzeugen und durch die Röntgenröhre in entsprechend wirksame Röntgenlichtenergie umzuformen. Wurde früher nur mit primären Stromstärken von 5 bis 15 Ampere gearbeitet, so stiegen Groedel und Horn 1908 durch Schaltung auf niedrigste Selbstinduktion und Verwendung von drei gleich langen und gleich dicken parallel geschalteten Wehnelt-Stiften bis zu 40 und 60 Ampere primärer Belastung bei ihrem 60-cm-Induktor. Aller Widerstand wurde bei Anschluß an 110 oder 220 Volt Spannung ausgeschaltet und für eine gute Thoraxaufnahme in 60 cm Abstand 1, ja nur $1/2$ Sekunde ohne Verstärkungsschirm gebraucht. Mit zwei Verstärkungsschirmen gelang die gleiche Aufnahme auf Schleußner-Film in etwa $1/20$ Sekunde. Zur genauen Feststellung der Belichtungszeiten wurde ein eigens von Reiniger, Gebbert & Schall gebauter automatischer Momentschalter benutzt.

Fig. 47.



Nun hatte man schon früher nach dem Vorgange von Klingelfuß versucht, durch eine einzige Unterbrechung des primären Stromes von hoher Stromstärke eine sekundäre höchstgesteigerte Einzelentladung zur Erzeugung einer für Momentaufnahmen genügenden Röntgenlichtmenge zu verwenden. Diese Versuche fanden ihre erste praktische Lösung durch Koch 1908. Koch benutzte einen Intensivstrominduktor mit abnorm hohem Eisenvolumen und erzielte die rapide und vollkommene Unterbrechung dadurch, daß er einen im primären Stromkreis liegenden Kupferdraht durch das Geschoß einer Winchesterpistole durchschoß.

Dessauer hat dann 1909 den wichtigen Schritt vorwärts getan,

daß er einen neuen, durch die Einschaltung des primären Stromes zwangsweise herbeigeführten rapiden Unterbrechungsmechanismus schuf.

Er beschreibt seinen Apparat folgendermaßen:

Ein Transformator oder Induktor J von eigenartiger Bauart, die gestattet, für kurze Zeit eine sehr große Belastung aufzunehmen, befindet sich in Serie geschaltet mit einer eigentümlichen Vorrichtung P, der sogenannten „Patrone" (Fig. 47). Der Körper P besteht aus einem Schmelzdrähtchen, welches in einer Umhüllung liegt, die bei genügender Erwärmung mit leichtem Knall zerplatzt. Die Enden dieses als elektrische Patrone bezeichneten Konstruktionsstückes können mit einem Kondensator E verbunden sein. Ein Schalter S dient zur Einschaltung des Stromes. Ein Umschalter gestattet, an Stelle der Patrone P beliebige Unterbrechungsvorrichtungen einzuschalten. Wird von diesem Umschalter Gebrauch gemacht, so arbeitet der Apparat als gewöhnlicher Röntgenapparat und gibt vermöge seiner Abmessungen sehr große Leistungen. Wird die Patrone

Fig. 48.



eingeschaltet, so vollzieht sich folgendes: Durch Einschalten des Hauptschalters S wird der Eisenkern des Induktoriums magnetisch, die primäre Stromstärke steigt bis zu einem gewissen Betrag. Bei Erreichung dieses Betrages ist der Leiter im Innern der Patrone derart erhitzt, daß sie zerplatzt, der Leitungsweg in ihr aufgehoben wird und eine rapide Unterbrechung des Stromes eintritt. Die Explosion der Patrone erfolgt unhörbar und unsichtbar.

Die Unterbrechung induziert der Sekundärspule des Induktors einen Stromstoß, der bei geeigneter Konstruktion aller Teile eine bisher noch nicht gesehene Wucht erreicht (Fig. 48 gibt einen solchen einzigen Induktionsfunken wieder). Ein bis zirka 400 Milliampere geeichtes Milliamperemeter schlägt bis an das Ende der Skala aus bei einer Distanz von 40 cm zwischen Spitze und Scheibe. Obwohl man 60—100 Ampere Stromstärke nötig hat, genügt es, wenn die Stromleitung für etwa 40 Ampere eingerichtet ist, weil die Stromabnahme so kurze Zeit dauert — etwa

$^1/_{20}$ Sekunde —. daß die Überlastung während dieser kurzen Zeit der Leitung nicht schadet.

Besonders wichtig ist naturgemäß, daß die Patrone in dem richtigen Moment zerplatzt, d. h. also weder früher noch später, als die Magnetisierungsstromstärke gerade ihren höchsten, für den beabsichtigten Zweck notwendigen Wert erreicht hat.

Die Stärke des Schmelzdrahtes bestimmt die Wucht der Induktion. Man verwendet solche, die bei geringer Strombelastung verbrennen, für Aufnahmen der Extremitäten, stärkere für Thorax, noch etwas stärkere für Kopf und Becken.

Die Wiederholung der Aufnahme geschieht einfach durch Einsetzen einer neuen Patrone. Neuerdings sind auch die meisten chirurgischen Aufnahmen ohne Verstärkungsschirm dem Blitzverfahren durch Konstruktion eines automatischen Blitzrevolvers zugänglich geworden; mit seiner Hilfe lassen sich beliebig viele — 1, 2, 3 oder mehr — Blitzschläge automatisch durch die Röhre schicken. Naturgemäß kommt die Wiederholung nur für solche Aufnahmen in Frage, bei denen Bewegungen der Organe keine Rolle spielen.

Reiniger, Gebbert & Schall haben eine mechanisch wirkende Einzelschlag-Quecksilberunterbrechungsvorrichtung (Unipulsunterbrecher) konstruiert, nach ihnen auch die anderen Fabriken, so daß wir heute einwandfreie Momentaufnahmen herstellen können. Rosenthal besorgt die Schließung und Unterbrechung des Primärstromes mit Hilfe einer schnell rotierenden Scheibe.

Zur Zeiteinstellung dienen die automatisch wirkenden Schaltvorrichtungen, welche eine für $^1/_{100}$ bis zu 10 Sekunden einstellbare Zeitauslösung gestatten.

Während die bisher beschriebenen Einzelschlagverfahren an die Erscheinung anknüpfen, daß im Sekundärkreis eines Induktors oder Transformators eine sehr hohe elektromotorische Kraft auftritt, wenn der im Primärkreis fließende Strom rapid unterbrochen wird, haben Siemens & Halske die umgekehrte bekannte Erscheinung mitverwertet, daß eine elektromotorische Kraft im Sekundärkreis auftritt, wenn der Strom im Primärkreis eingeschaltet wird. Es mußte nur dafür gesorgt werden, daß der Strom im Primärkreis möglichst schnell ansteigt, um eine größtmögliche Wirkung im Sekundärkreis zu erhalten. Findet nun das Schließen in derselben Richtung statt wie das Öffnen, so sind die Sekundärwirkungen entgegengesetzt. Zwecks Kombination und Addition der sekundären Schließungs- und Öffnungswirkung erfolgt deshalb bei dem Apparat von Siemens & Halske nach dem Öffnen des primären Stromes sein Schließen schnellstens in umgekehrter Richtung, so daß sich also zu der sekundären Öffnungswirkung die sekundäre Schließungswirkung direkt addiert und der verstärkte, verdoppelte Sekun-

därschlag in der Röntgenröhre eine entsprechend erhöhte momentane Röntgenstrahlenwirkung auslöst, die wirkliche Momentaufnahmen gestattet. Von größter Wichtigkeit ist hierbei, daß die dem Netz entzogene Strommenge besonders günstig ausgenutzt wird und in den vorgeschriebenen Grenzen trotz mehrfacher sekundärer Leistung bleibt.

Für diese Kombination hat sich der Transformator mit geschlossenem Eisenkern als sehr geeignet erwiesen, so daß Siemens & Halske denselben Transformator, der für den Gleichrichterbetrieb in bekannter Weise für Zeit- und Schnellaufnahmen benutzt wird, auch für den Einzelschlagbetrieb verwenden. Der eigenartige Kommutationsvorgang wird in bequemer und relativ einfacher Weise durch Drehen eines besonderen Schalters unter Verwendung von Gleitkontakten ausgelöst.

Hier muß auch noch der sehr wirkungsvolle Erescostromschließer von Seifert[1]) Erwähnung finden, der nur den beim Schließen des Primärstroms im Induktor entstehenden sekundären Stromstoß benutzt. Ein Motor sorgt nämlich dafür, daß der primäre Strom ganz plötzlich geschlossen wird, während er ganz langsam durch allmähliches Vorschalten von Widerständen geöffnet wird. Durch den Kurzschluß, der zweimal bei jeder Umdrehung des Erescostromschließers stattfindet, geht ein äußerst kräftiger Stromstoß durch die Primärwicklung des Induktors, aber ein Durchschmelzen der Sicherungen kann trotzdem nicht stattfinden, weil der Motor sehr schnell rotiert. Die Stromschlußzahl ist von 1500 bis 3000 in der Minute regulierbar. Der Erescostromschließer wird an den Induktor wie ein beliebiger Unterbrecher ohne Kondensator angeschlossen; der Induktor arbeitet ohne verkehrten Strom und gibt eine ganz enorme sekundäre Leistung.

Unterbrecherlose Röntgenapparate.

Wir erinnern uns an dieser Stelle, daß der Funkeninduktor mit Unterbrecher eine Stromart liefert, wie dieselbe in der schematischen Fig. 27, S. 47 dargestellt ist; d. h. eine Art unsymmetrischen Wechselstroms. Der Röntgenapparat gilt nun im allgemeinen als um so besser konstruiert, je kleiner die sekundären Schließungsimpulse werden. Tatsächlich ergeben auch die Apparate bester Bauart verschwindend kleine Stromimpulse verkehrter Richtung. Der verkehrte, also bei den Funkeninduktoren der Schließungsstrom, kommt nun um so mehr zur Geltung, je weicher die Röhre und je stärker die Belastung ist. Da nun die Röntgentechnik aus gewichtigen Gründen auf eine mehr und mehr zunehmende Verkürzung der Expositionszeiten hingearbeitet hat, mußten die Energiemengen und die Unterbrechungszahlen wesentlich gesteigert werden.

[1]) Fabrikant: Richard Seifert & Co., Hamburg 13.

Dabei gibt aber selbst der beste Funkeninduktor so starke Schließungsimpulse, daß wir ohne Ventilröhren nicht mehr auskommen.

So würde es am richtigsten sein, Apparate zu verwenden, welche der Röntgenröhre nur gleichgerichteten elektrischen Strom von der notwendig hohen Spannung und Stromstärke zuführen. Einen derartigen hochwertigen Strom liefern die Influenzmaschinen, die in Form der Wimshurst-Maschinen noch hie und da in Gebrauch sind. Der Vorteil dieser Maschinen mit dem für Röntgenzwecke an sich idealen hochgespannten Gleichstrom wird indessen durch die Nachteile des Systems wesentlich übertroffen. Die Influenzmaschinen sind einmal in ihrer Wirksamkeit abhängig von Temperatur und Feuchtigkeit der Luft; ferner erfordert das Rein- und Instandhalten derselben viel Zeit und Mühe. Vor allem stehen aber die Leistungen der Influenzmaschinen — wenn man von einzelnen, äußerst kostspieligen Rieseninfluenzmaschinen absieht — weit unter denen eines Induktionsapparates; denn die zu erzielende Spannung und Stromstärke reicht nicht im entferntesten aus, um die heute geforderten Röntgenlichtintensitäten zu guten und schnellen Aufnahmen aller Körperteile hervorzubringen. Ein Instrumentarium, welches allerdings etwas, aber nicht alles leistet, ist nur etwas Halbes und kann ernsthaften Forschern, die ihren Röntgenapparat für jeglichen Körperteil und zu jeglicher Stunde in Bereitschaft haben müssen, nicht empfohlen werden.

Man hat deshalb auf verschiedenen neuen Wegen versucht und erreicht, den wünschenswerten hochgespannten Gleichstrom für unsere Zwecke zu erzeugen.

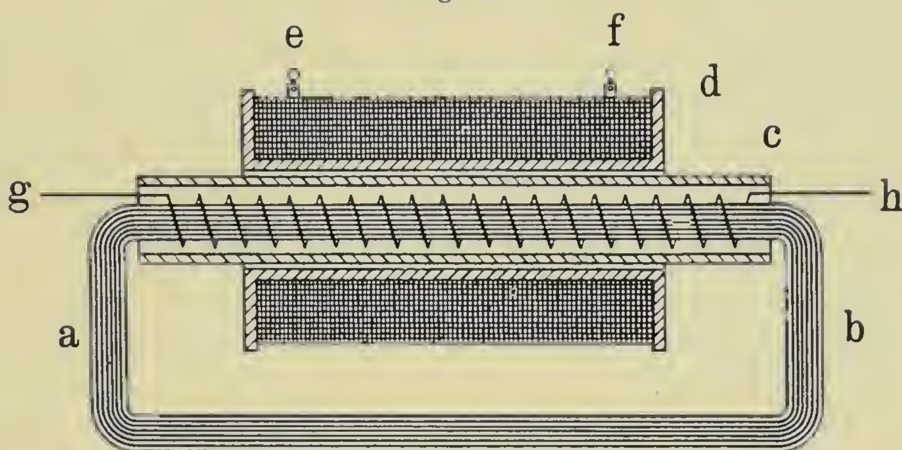
Koch-Dresden schuf bereits 1903 einen neuen, eigenartigen Apparatenkomplex, der Gleichstrom mit völligem Ausschluß der verkehrten Stromrichtung lieferte. Er benutzte den von der Zentrale gelieferten Wechselstrom, der mittels eines eisengeschlossenen Hochspannungstransformators in hochgespannten Wechselstrom transformiert und durch einen synchron zur Wechselspannung angetriebenen mechanischen Hochspannungskommutator gleichgerichtet wurde.

So hat Koch als erster in Deutschland einen wirklich technischen Wechselstromtransformator für Röntgenzwecke hergestellt und den Anstoß gegeben für den späteren Ausbau dieser und ähnlicher Röntgenapparate. Damit hat Koch außerdem den eisengeschlossenen Hochspannungstransformator in die Röntgentechnik eingeführt, dem Walter-Hamburg praktischerweise den Namen Funkentransformator gegeben hat.

Zur näheren Erläuterung diene das folgende: Der Eisenkern des Funkeninduktors (im Unterbrecherbetrieb) ist, wie schon oben ausgeführt, aus einzelnen 1 mm dicken, voneinander isolierten Eisendrähten oder Eisenblechen zu einer dicken Rolle von entsprechender Länge zusammen-

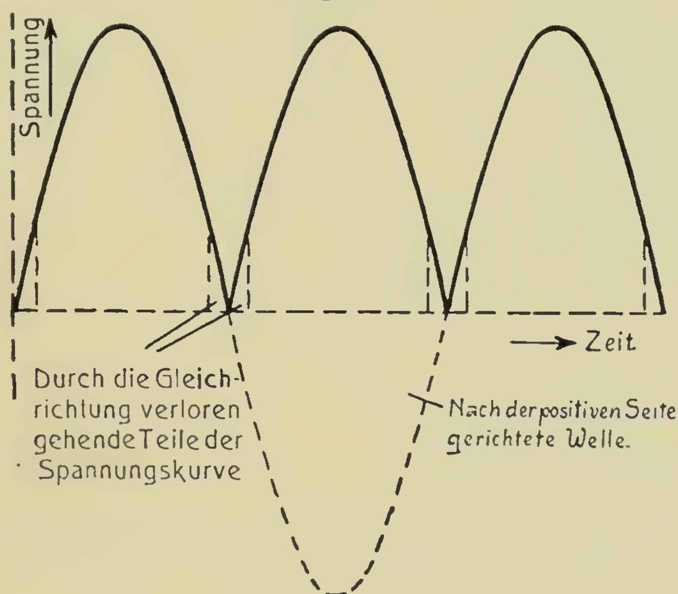
gefügt, während bei dem Funkentransformator der Eisenkern bei gleichem inneren Aufbau zu einem geschlossenen Eisenringe außen um die primäre und sekundäre Wicklung herum ausgebaut ist. Die Anordnung wird aus der schematischen Abbildung Fig. 49 ohne weiteres klar.

Fig. 49.



Durch den geschlossenen Eisenweg a b wird das Magnetfeld der Primärspule g h derart erhöht, daß die bisher üblichen Unterbrecher versagen. Deshalb ist der Funkeninduktor für den Unterbrecherbetrieb der bislang beste Apparat geblieben, während für die Nutzbarmachung des hochgespannten Wechselstroms der Funkentransformator in vieler Hinsicht überlegen ist. Neben anderen Vorteilen können hier die Kupferdraht-

Fig. 50.



längen der primären und der sekundären Spule kürzer gewählt werden, der innere Widerstand der Wicklungen wird dadurch geringer und der ganze Transformator wird kleiner, handlicher und billiger.

Auch die mechanischen Gleichrichter (Secohmmeter), welche in der elektrischen Meßtechnik schon seit langer Zeit bekannt waren, hat Koch in die Röntgentechnik eingeführt. Dieselben richten Wechsel-

ströme derart gleich, daß die negativen Wellen, wie in der Fig. 50 dargestellt, in die positive Richtung gedreht werden.

Zum Betriebe solcher Secohmmeter verwendet man sogenannte Synchronmotoren, welche sich mit jedem Wechselstromzyklus um genau einen halben oder ganzen Umfang drehen (je nachdem sie vier- oder zweipolig gebaut sind). Mit der Welle ist eine Kontaktvorrichtung verbunden, welche die negative Wechselstromwelle in dem Moment des Durchgangs durch Null in die positive Richtung umschaltet. Oder man denke sich zum besseren Verständnis einen früher beschriebenen Stromwender gleichlaufend mit dem Wechselstrom hin und her geschaltet, so daß in dem Moment, in welchem der Strom seine Richtung wechselt, der Stromwender jedesmal umgeschaltet wird und dadurch der Strom in dem hinter dem Stromwender gelegenen Leitungsteil dauernd die gleiche Richtung behält.

Nach den geschilderten Prinzipien werden diese Art Röntgenapparate von Koch & Sterdel-Dresden unter dem Namen Röntgentransverter für Anschluß an Wechsel- oder an Gleichstrom gebaut. Der Uniplantransverter gestattet 1. die Gleichrichtung aller Wechsel und damit eine Stromimpulszahl, die gleich der Wechselzahl des vorhandenen oder erst im Transverter erzeugten Wechselstroms ist (z. B. 100 Stromimpulse pro Sekunde für Moment- und Schnellaufnahmen); 2. mit Hilfe einer Ventilzellenanordnung die Hälfte der Stromwechselzahl der Röntgenröhre zuzuführen (50 Stromimpulse pro Sekunde — für Zeitaufnahmen); 3. durch fernere Verwendung eines besonderen Schleifringsystems am Synchronmotor ein Viertel der Stromwechsel durch die Röntgenröhre zu schicken (25 Stromimpulse pro Sekunde — für Röntgentherapie).

Ähnlich gebaut sind der auf dem Amsterdamer Kongreß 1908 zum erstenmal demonstrierte Apparat von Groedel-Nauheim und Reiniger, Gebbert & Schall (unter dem Namen Idealapparat) und derjenige von H. C. Snook-Philadelphia.

Zum besseren Verständnis bringe ich das Schema des Idealröntgenapparates.

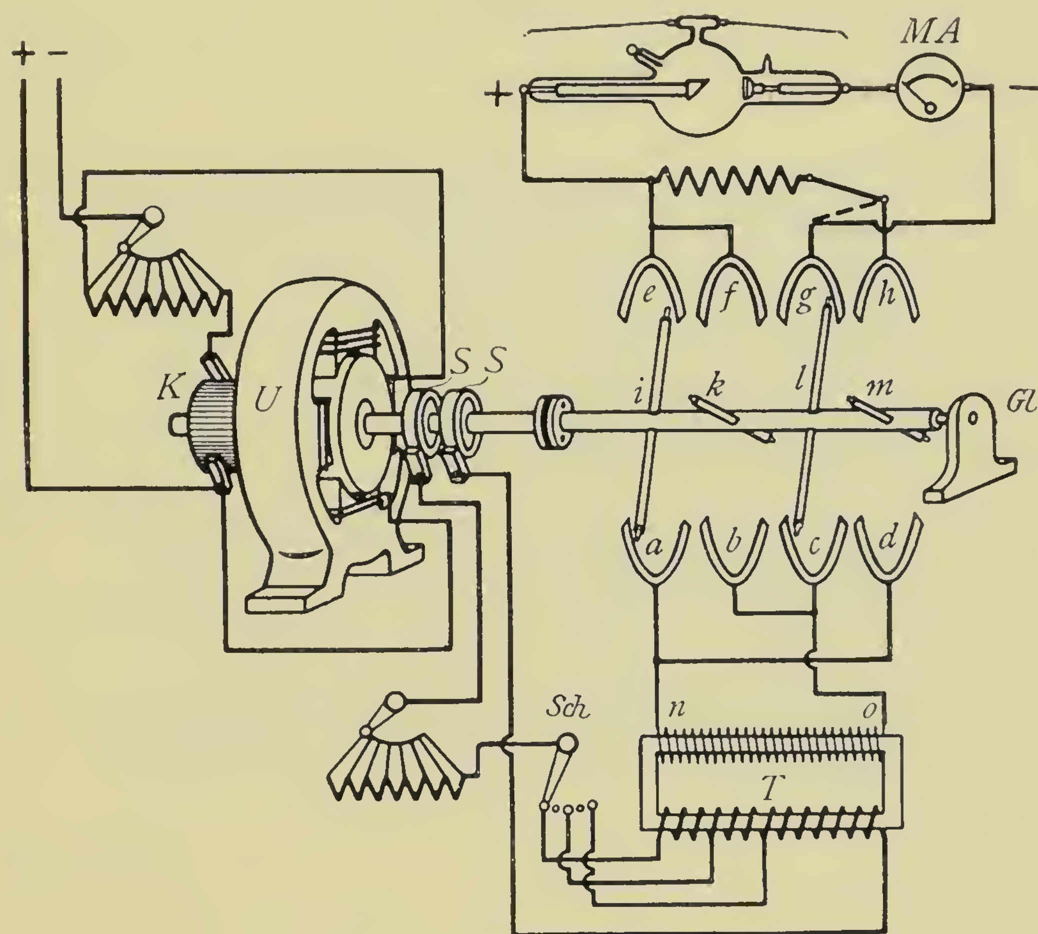
Die Idealmaschine besteht aus einer Umformermaschine, welche den Gleichstrom des Stadtverteilungsnetzes in Wechselstrom umformt, einem Transformator, welcher diesen Wechselstrom niedriger Spannung in solchen sehr hoher Spannung verwandelt. Mittels eines auf der verlängerten Welle des Umformers sitzenden Gleichrichters wird schließlich dieser hochgespannte Wechselstrom in pulsierenden Gleichstrom umgeformt.

Die Fig. 51 zeigt uns das Leitungsschema der Idealmaschine. Die in der Zeichnung links oben mit „+“ und „—“ bezeichneten Leitungen sind die Stromzuführungen. Der Umformer U trägt auf seiner Ankerwelle links den Kollektor (K), welcher also den Gleichstrom empfängt,

rechts zwei Schleifringe SS, welche mit zwei diametral gegenüberliegenden Punkten der Ankerwicklung verbunden sind, und von denen man einphasigen Wechselstrom abnehmen kann. Der in der Minusleitung im Leitungsschema eingefügte Regulierwiderstand ist als sogenannter Anlasser ausgebildet und dient dazu, den Umformer langsam auf seine volle Tourenzahl zu bringen, ohne daß wesentliche Stromstöße aus dem Anschlußleitungsnetz erfolgen.

Der Wechselstrom verläßt also die Schleifringe (SS) des Umformers, geht durch einen Regulierwiderstand hindurch und erreicht durch eine

Fig. 51.



Schaltvorrichtung (Sch) den Transformator T. Die Schaltvorrichtung dient dazu, mehr oder weniger viele der Primärwindungen zu- und abschalten zu können. Der Transformator ist in der oben beschriebenen Weise mit geschlossenem Eisenkern gebaut. Da sich, wie wir wissen, die Primär- zu der Sekundärspannung verhält, wie die Primär- zu den Sekundärwindungen, so wird die sekundäre Spannung um so höher, je größer das Verhältnis der Primärwindungszahl zur Sekundärwindungszahl wird („Übersetzungsverhältnis"). Durch Verkleinerung der Primärwindungszahl mit Hilfe der oben erwähnten Schalteinrichtung nach W a l t e r wird das Übersetzungsverhältnis verändert, und zwar vergrößert. Bei der geringsten primären Windungszahl erhält man sekundär

die höchste Spannung, mit der größten die niedrigste Spannung. Je nach der Röhrenhärte wird man also die Schalteinrichtung auf die kleinste (bei harten Röhren) oder die größte (bei weichen Röhren) oder auf einen sinngemäß gewählten Mittelwert der Schalteinrichtung einstellen.

Der Wechselstrom an den Klemmen n—o des Transformators hat eine höchste Spannung (sogenannte Scheitelwertspannung im Gegensatz zu der mit dem Voltmeter gemessenen Effektivspannung) von zirka 170 000 Volt, eine Spannung, welche einer Funkenlänge von zirka 25 bis 30 cm entspricht und zum Betriebe selbst sehr harter Röntgenröhren ausreicht.

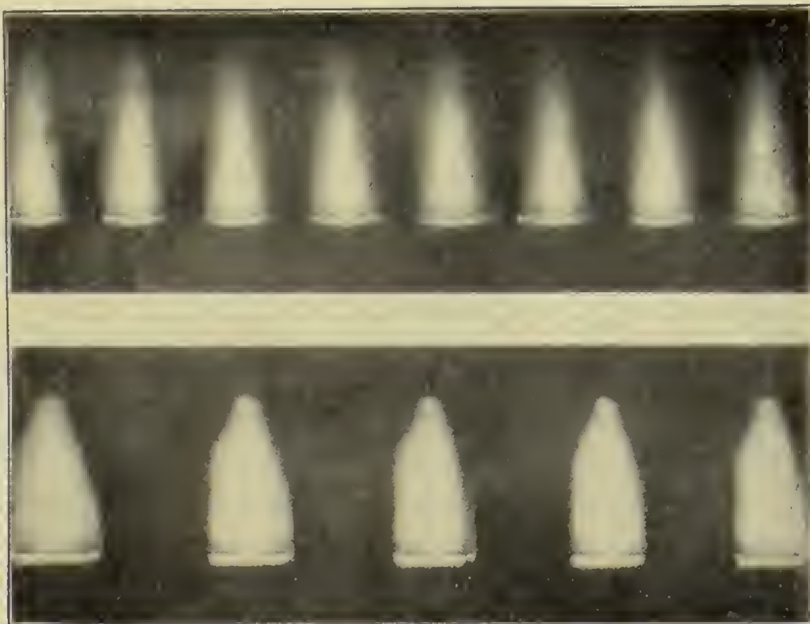
Nun gelangt der Hochspannungswechselstrom zum Gleichrichter (Gl). Derselbe besteht aus einer Achse, die in Isolationsmaterial ausgeführt ist, mit vier dieselbe durchsetzenden Stäben, welche mit ihren Enden an zwei Reihen von Metallsegmenten vorbeistreichen. Die unteren Metallsegmente sind derart an die Hochspannungswicklung angeschlossen, daß die beiden äußeren und die beiden inneren je zusammen untereinander verbunden sind und an je einem Ende der Transformatorwicklung liegen. Die beiden nach links liegenden oberen Segmente sind untereinander verbunden und führen zum +-Pol der Röntgenröhre. Das dritte obere Segment ist zum —-Pol der Röntgenröhre geleitet, wobei der Strom noch ein Milliamperemeter (MA) durchfließen muß, welches zur Kontrolle des der Röhre zugeführten Stromes dient. Das letzte Segment ist mit einer Umschaltvorrichtung derart verbunden, daß man je nach der Stellung des Schalthebels den von diesem Segment geführten Strom durch die Röhre schicken oder durch einen Hochspannungswiderstand leiten kann. Dieser Hochspannungswiderstand dient als Ballast und gestattet, die Röhre nur mit der Hälfte der Stromimpulse für Therapie und Durchleuchtungszwecke zu beanspruchen.

Betrachten wir einen Zeitmoment, bei welchem die Stäbe i und l senkrecht stehen und die zugehörigen Segmente miteinander verbinden, dann passiert der Strom, der in diesem Momente bei dem Segment a positive Richtung hat, den Stab i und gelangt über e zur Röntgenröhre. Von hier kehrt er über das Milliamperemeter MA, über das Segment g, den Stab l und das Segment c zum negativen Pol des Transformators zurück. Nach einer Drehung der Achse um einen rechten Winkel hat sich die Polarität des Transformators geändert, und der Stromlauf ist nun derart, daß der positive Strom von Segment b ausgeht, den Stab k passiert und über Segment f zur Röhre gelangt. Von dort geht der Strom, falls der Umschalter entsprechend gestellt ist, über das Segment h, den Stab m zum Segment d und somit zum negativen Pol zurück. Wir sehen, daß der Strom die Röhre stets in einer Richtung durchfließt. Wird der Umschalter nicht, wie zuletzt angenommen, auf den Ballastwiderstand geschaltet, so geht stets abwechselnd ein Impuls durch die

Röhre, der andere durch den Ballastwiderstand. Der Widerstandswert desselben ist derart bemessen, daß er ungefähr den gleichen Widerstand bietet wie eine Röntgenröhre mittleren Härtegrades.

Da nun der Wechselstrom im Umformer U in direkter Abhängigkeit von der Stellung des Ankers zu den Polen der Maschine erzeugt wird, die Stäbe i, k, l, m des Gleichriehters aber zwangläufig mit dem Anker umlaufen, so ist die Gleichriehtung des Wechselstromes eine notwendige Folge und absolut verbürgt. Aus diesem Grunde ist es aueh unmöglich, daß die einmal richtig eingesehaltete Röntgenröhre verkehrten Strom erhält, und wir erreichen tatsächlich eine pulsierende gleichgerichtete Spannung. Die zu dieser Spannung gehörenden Stromkurven sind in Fig. 52 nach zwei direkten photographischen Aufnahmen mittels Glimm-

Fig. 52.



lichtröhre dargestellt. Zwischen je zwei Impulsen sehen wir also ähnlieh wie bei Induktorbetrieb eine Zeitlang eine Ruhepause für die Röntgenröhre. Je naeh der mehr oder weniger großen Belastung kann man die Ruhepause etwas verlängern, aber auch verkürzen.

Die Regulierung des Apparates ist eine überaus einfache. Die Masehine wird mittels des Anlassers angelassen, wozu etwa 3—5 Sekunden gehören; dann wird das Übersetzungsverhältnis des Transformators je nach der Röhrenhärte auf niedrige, mittlere oder hohe Spannung gestellt und sehließlieh der Transformator und damit aueh der Röhrenstrom mittels Drehsehalters eingesehaltet. Die Belastung der Röhre wird mit der Kurbel des Regulierwiderstandes vollends geregelt. Man hat es dabei in der Hand, mit ganz geringer Belastung, bei welcher die Röhre kaum leuchtet, anzufangen und fast stufenlos mit der Belastung hinaufzugehen, bis der angemessene Grad des Röhrenlichtes erreicht ist. Die maximal

zur Verfügung stehende Energie ist so groß, daß sie für Momentaufnahmen völlig ausreicht. Die Expositionszeiten können daher im allgemeinen sehr kurz genommen werden. Das Licht der Röhre ist an Ruhe dem einer elektrischen Glühlampe vergleichbar, so daß die Durchleuchtungen sehr klar gelingen. Auch therapeutische Bestrahlungen lassen sich vorzüglich mit der Idealmaschine ausführen, da die feine und einfache Regulierung eine sehr genaue Dosierung zuläßt (Milliamperemeter).

Überhaupt ist die absolute Gewähr, daß man bei gleicher Kurbelstellung stets wieder genau den gleichen Effekt bekommt, wohl einer der größten Vorzüge der Idealmaschine.

Soll die Idealmaschine im Anschluß an Wechsel- oder Drehstrom laufen, so wird der Umformer mechanisch von einem passenden Motor in direkter Kupplung angetrieben, während die übrige Anordnung die gleiche wie bei Gleichstrom bleibt.

Nicht gleichgültig für den Betrieb des Idealapparates ist es, welche Röhren man mit demselben betreibt. In bezug auf den Härtegrad hat die Erfahrung gelehrt, daß man mit einer Röhre, deren Härte zwischen 8 und 9,5 Wehnelteinheiten liegt, die besten Aufnahmen von allen Teilen des menschlichen Körpers, von der Hand bis zum Becken und Schädel erzielt. Den großen Energiemengen des Idealapparates widersteht am besten eine Röntgenröhre mit starkem Metallklotz als Antikathode. Röntgenröhren, deren Antikathode einen Glasmantel besitzt, werden nicht empfohlen, weil sich dieser Glasmantel elektrostatisch stark aufladet und so ein schweres Ansprechen der Röhre verursacht. Es ist nötig, wie auch bei anderen Röntgenapparaten, sich seine Röntgenröhren zu erziehen. Am besten verfährt man derart, daß man die Röhre im Anfang immer nur sehr kurz und verhältnismäßig gering belastet und erst ganz allmählich zu länger andauernden Aufnahmen bei stärkerer Belastung übergeht. Je nach dem Verhalten der Röhre, die man sorgfältig beobachtet, wird diese Behandlung zu einem Zustande der Röhre führen, in welchem sie Außerordentliches leistet. Belastungen von 25—50 Milliampere bei einer Röhrenhärte von 9,5 Wehnelteinheiten während einer Einschaltung bis zu 30 Sekunden sind verschiedentlich angewendet worden, ohne daß die Röhre sich irgendwie dadurch änderte. Die Umschaltvorrichtung, welche es gestattet, die Röhre mit beiden Stromwechseln oder nur mit einem Wechselstromzyklus zu belasten, bildet eine weitere Reguliermöglichkeit für den Apparat und ist von wesentlichem Vorteil, wie dies eingangs schon angedeutet war, für Durchleuchtungs- und Therapiezwecke. Bei der Durchleuchtung benötigen wir ja nicht einer Röntgenenergie, welche, wie bei Aufnahmen, aus momentaner Energie mal Zeit besteht, sondern wir wollen nur eine derartige Momentanenergie herstellen, welche uns ein ruhiges und helles Durchleuchtungsbild liefert. Da das menschliche Auge bei zirka 30—50 sekundlichen Lichtimpulsen

den einzelnen Impuls nicht mehr als solchen erkennt, so ist die Frequenz von 100 Impulsen, wie sie diese Maschine bei Benützung beider Stromwechsel ergibt, überflüssig hoch. Der zweite Wechsel wird nur dazu benützt, unnütz Röntgenstrahlen zu geben und die Röhre höher zu erwärmen. Aus diesem Grunde wird man bei Durchleuchtungen mit nur einem Stromimpuls pro Wechselstromzyklus, das sind 50 Impulse pro Sekunde, arbeiten, ebenso bei therapeutischen Bestrahlungen.

Um mit dem Idealapparat auch reine Momentaufnahmen herzustellen, hat Groedel durch Reiniger, Gebbert & Schall auf Grund folgender physikalischer Tatsachen eine Lösung schaffen lassen:

Die Größe der Sekundärspannung hängt, wie bekannt, neben anderen Momenten von der Zeitdauer ab, während der das durch den Stromschluß hervorgerufene Magnetfeld wieder zum Verschwinden kommt. Hierfür ist in erster Linie die Geschwindigkeit maßgebend, mit der die Unterbrechung des Primärstromes erfolgt. Nun ist weiter allgemein bekannt, daß in einem eisengeschlossenen Transformator (Gleichrichterapparat) die Entmagnetisierung viel langsamer erfolgt wie in einem eisenoffenen Transformator (Induktor).

Um daher die für eine Einschlagaufnahme notwendige Spannung auch beim Gleichrichterapparat zu erreichen, muß diesem ein bereits rapid erfolgender primärer Stromstoß zugeführt werden. Die Frage ist in folgender höchst ingeniöser Form gelöst worden: Wir lassen den Strom zunächst durch eine Vorrichtung laufen, die im wesentlichen einem kleinen, aber neuartig dimensionierten und gebauten Transformator mit offenem Eisenkern entspricht. In diesem kleinen Zusatzapparat wird durch den, in bekannter Weise rapid unterbrochenen Primärstrom ein sehr kurzer Sekundärstrom erzeugt, der, in den großen Transformator weitergeleitet, nun in diesem einen ebenfalls rapid ablaufenden, aber gleichzeitig sehr hochgespannten Sekundärstromstoß hervorruft.

Die benötigte primäre Stromstärke ist daher nicht höher wie beim Unipulsinduktor. Sie beträgt etwa 50 Ampere. Die Handhabung des Apparates wird durchaus nicht komplizierter wie früher. Ein Hebelschalter dient zur Umschaltung vom gewöhnlichen auf Einschlagbetrieb. Die Bedienung des Einschlagunterbrechers selbst ist, wie ja bekannt, äußerst einfach.

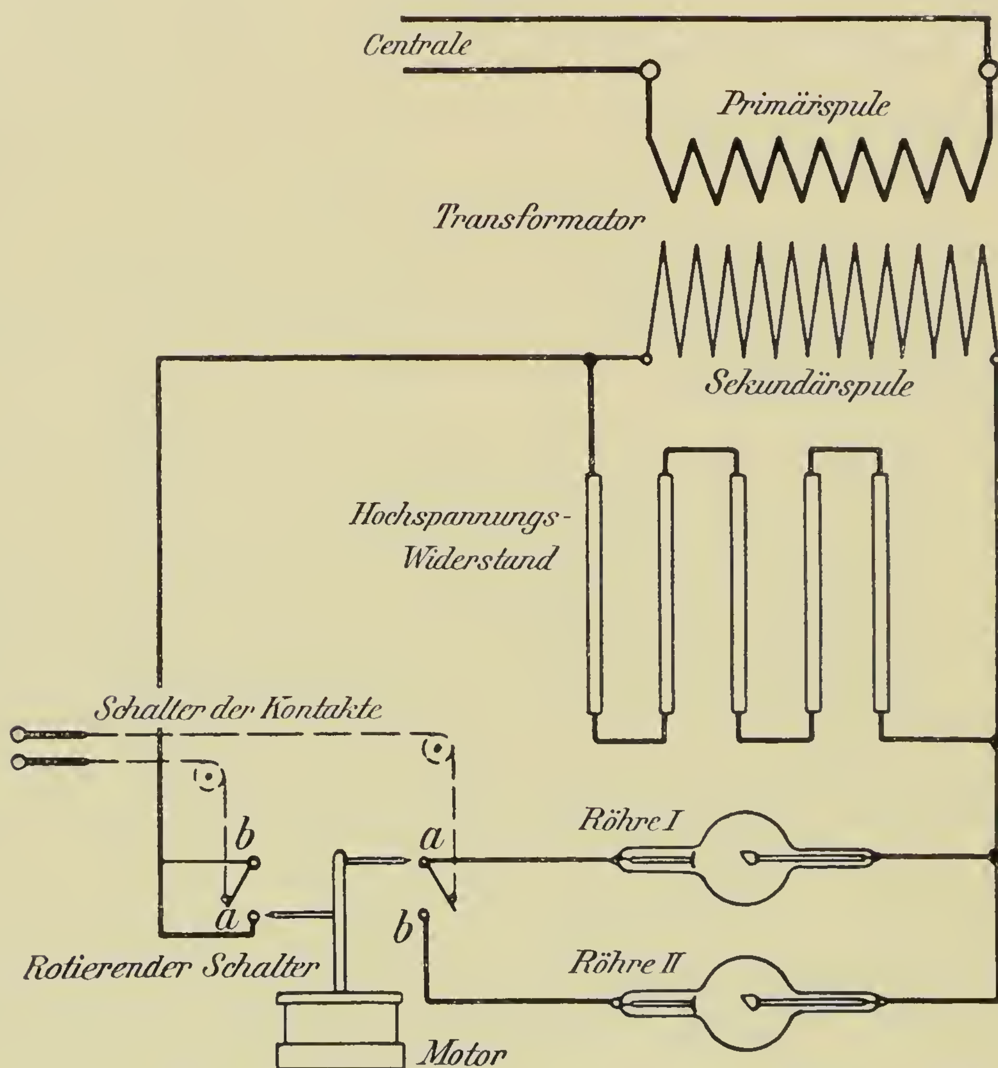
Dessauers[1]) Reformröntgenapparat wurde zuerst nur für Anschluß an Wechselstrom gebaut, neuerdings auch für Gleichstrom. Der Strom der Zentrale (Fig. 53) wird ebenfalls durch einen Transformator in hochgespannten Wechselstrom transformiert und nun in zwei Stromkreise geführt, von denen der eine, ein Hochspannungswiderstand, dauernd an den Klemmen der Sekundärspule liegt, während der andere über einen rotierenden Schalter zur Röntgenröhre führt. Das eine Prinzip ist, daß

---

[1]) Veifa-Werke, Frankfurt a. M.-Bockenheim.

die Schlagzahl pro Sekunde gleich der Hälfte der Wechselzahl ist oder auf den vierten Teil reduziert wird. Es gehen also bei gewöhnlichen Wechselstromanlagen von 100 Wechseln = 50 Perioden maximal 50 oder nur 25 Schläge pro Sekunde durch die Röhre. Das zweite Prinzip ist, den sekundären Wechselstrom nicht gleichzurichten, sondern nur bei jedem zweiten oder vierten Impulse, also immer nur bei gleichgerichteten Impulsen die Röhre einzuschalten, während sie bei den entgegengesetzten Impulsen ausgeschaltet ist. Diese entgegengesetzten Impulse werden in den Wider-

Fig. 53.



stand geleitet. Das Ein- und Ausschalten besorgt ein rotierender Synchronschalter, dessen Motor während der Dauer von 2 vollen Wechselstromperioden immer eine Umdrehung macht. Die Röhre erhält also, wenn nur je ein wechselständig angeordneter Kontakt von den Nadeln des rotierenden Schalters bestrichen wird, 25 Stromschläge; wenn durch eine bequeme Zugschaltung je zwei wechselständige Kontakte betätigt werden, 50 Stromschläge. Wird nur mit 25 Impulsen gearbeitet, so nimmt der Hochspannungswiderstand nicht allein die Impulse verkehrter Richtung, sondern auch den jeweilig zweiten richtig verlaufenden unbenutzten Impuls auf, der bei 50 Stromschlägen ebenfalls durch die Röhre fließt. Da der Hochspannungswiderstand auch bei Stromfluß durch die Röhre parallel

angeschlossen liegt, so bildet er zugleich einen Schutz für Transformator und Röntgenröhre vor Überspannung und Durchschlagen. Aus der Fig. 53 wird der Stromverlauf und die Wirkung des rotierenden Schalters klar. Die Figur zeigt außerdem, wie man zwei (oder mehr) Röhren zugleich betreiben kann. Bei der gezeichneten Stellung der Nadeln des rotierenden Schalters fließt der Strom durch die Kontakte a—a zur Röhre I; verbinden die Nadeln nach einer Drehung des rotierenden Schalters um 180° die Kontakte b—b, so ist die Röhre II eingeschaltet. Da der Motor während vier Stromwechseln nur eine Umdrehung macht, wird jede Röhre in dieser Zeit nur je einmal betätigt, d. h. sie erhält während 100 Stromwechseln nur 25 Stromimpulse. Die beiden Röhren leuchten dann für das Auge gleichzeitig, werden aber in Wirklichkeit abwechselnd betrieben. (Ein verschiedener Härtegrad der Röhren stört also nicht.) Denken wir uns in der Fig. 53 die Röhre II nicht gezeichnet und die Kontakte a und b der linken Seite durch Nachlassen des Kontaktschalters untereinander verbunden, desgleichen die Kontakte a und b rechts, so erhält die Röhre I bei 100 Stromwechseln und 25 Umdrehungen des rotierenden Schalters 50 Stromimpulse.

Ich habe persönlich mit diesen unterbrecherlosen Apparaten[1]) nicht gearbeitet; doch weiß ich von den verschiedensten Röntgenisten, daß eine besondere Wartung der Apparate nicht nötig ist und daß Reparaturen nicht vorkommen. Selbstverständlich muß man sich bei aller Einfachheit ihrer Handhabung für rationellen und ökonomischen Betrieb in ihre Eigenheiten einarbeiten.

Der Grissonator.

Im Jahre 1905 hat uns Robert Grisson-Berlin mit einem ganz neugestalteten Instrumentarium bekannt gemacht, dem sogenannten Grissonator. Derselbe besteht aus einem Hochspannungskonsonator, einem Kondensator und einem Polumschalter.

Der Hochspannungskonsonator gleicht in seinem Bau dem oben schematisch beschriebenen Induktor und setzt sich demgemäß zusammen aus einem Eisenkern, einer Primärspule aus dickem Draht von kleinerer und einer Sekundärspule aus dünnerem Draht von höherer Windungszahl. Doch sind die Drahtquerschnitte, um eine kräftige sekundäre Stromleistung zu gewährleisten, reichlich groß bemessen, außerdem sind die Länge und die Dicke der beiden Wicklungen zwecks richtiger Abstimmung zu dem ganzen System in sorgsam berechnetem Verhältnis zueinander gewählt.

Als Kondensator dienen Aluminiumzellen. Jede Zelle besteht aus einem Glasgefäß bzw. einem nahtlos geschweißten Eisenkasten von der Größe 25 × 25 × 30 cm, in welchem zwei gefalzte Aluminiumelektroden

[1]) Fabrikanten: Dessauer, Koch, Reiniger, Gebbert & Schall, Seifert, Siemens & Halske, Snook.

aufgehängt sind, an dessen Boden ferner eine Hilfselektrode aus Eisen liegt. Die Zelle ist mit chemisch reinem, destilliertem Wasser gefüllt, in dem eine Dose Grisson-Elektrolytsalz (chemisch reines doppeltkohlensaures Natrium) aufgelöst ist. Dadurch daß die Aluminiumelektroden an den +-Pol und die Hilfselektrode an den —-Pol des Gleichstromnetzes angeschlossen werden, tritt sehr schnell die Polarisierung der Elektroden ein, so daß der durch die Zelle fließende Strom zu fließen aufhört und die auf den Aluminiumelektroden durch Elektrolyse gebildete Sauerstoffschicht die Verwendung der Zelle als Kondensator von sehr großer Kapazität ermöglicht. Die vollendete Polarisation zeigt, entsprechend dem allmählich aufhörenden Stromdurchfluß, eine vor die Zelle eingeschaltete, schließlich verlöschende Glühlampe an. Das Unwirksamwerden des Elektrolyten und seine dann notwendige Erneuerung (Wasser + Elektrolytsalz) zeigt dieselbe Glühlampe durch dauernd helles Brennen bei Stromdurchfluß an. Je nach der gewünschten größeren sekundären Leistung des Grissonators werden 2, 4, 6 oder mehr solcher Zellen zu einem Kondensator von zunehmend großer Kapazität vereinigt.

Der rotierende Polumschalter besteht aus einer zylindrischen Walze mit zwei gegeneinander isolierten Lamellen und vier Kontaktbürsten, wie solche an elektrischen Maschinen allgemein Verwendung finden. Die Bürsten sind in gleichmäßigen Abständen um die Walze verteilt, so daß bei Drehung derselben nacheinander je zwei Bürstenpaare miteinander in leitende Verbindung gebracht werden.

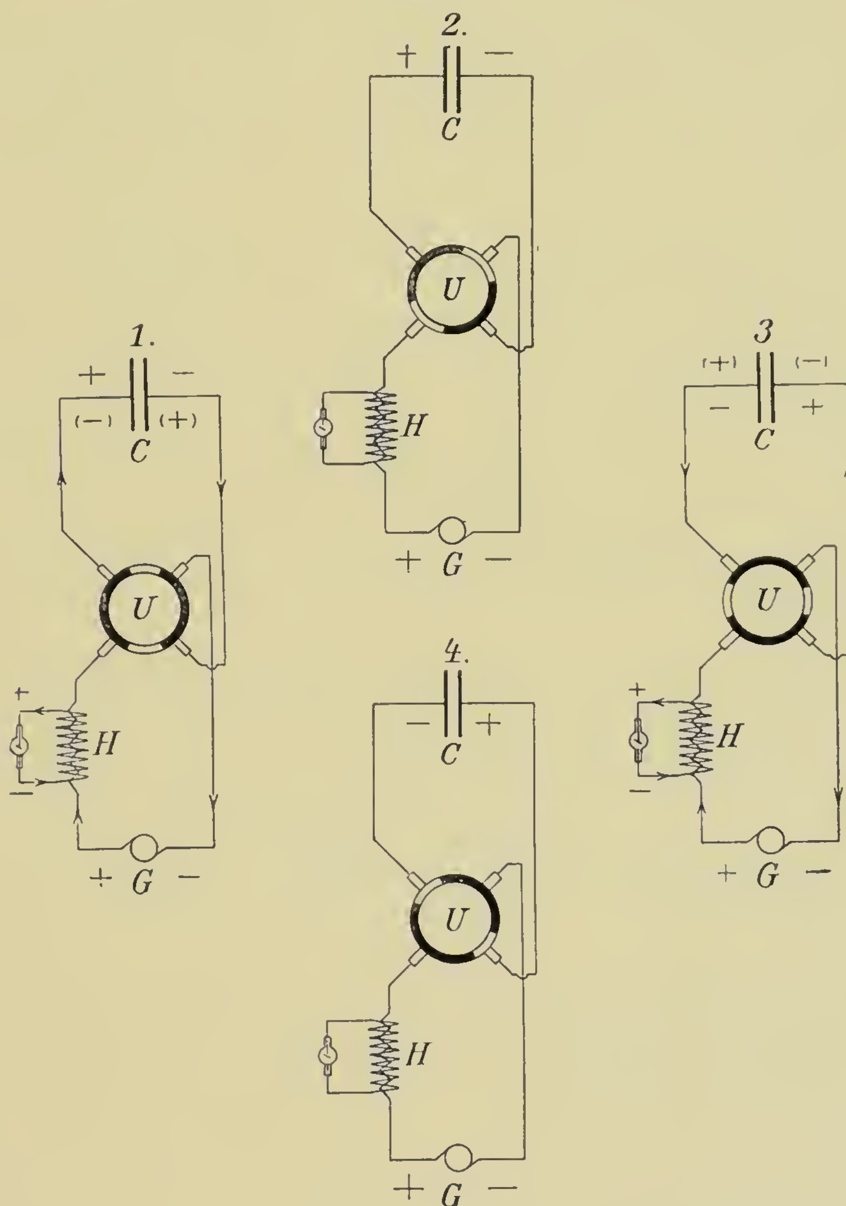
An der Hand der vier schematischen Zeichnungen (Fig. 54) erklärt Grisson die Vorgänge seines Apparatenkomplexes folgendermaßen: Wird der Kondensator C nach der Schaltungsweise 1 (Bild links) in leitende Verbindung mit der Gleichstromquelle G gebracht, welche eine Spannung von beispielsweise 220 Volt hat, so wird die Stromquelle im Zeitpunkt des Kontaktes bestrebt sein, von ihrem +-Pol aus den Kondensator zu laden und von ihrem —-Pol aus zu entladen. Der durch die Pfeilrichtung angedeutete Stromfluß (G +, Primärspule H, untere Bürste links, Umschalter U links, obere Bürste links, Kondensator C + und anderseits Kondensator C —, untere Bürste rechts, Umschalter U rechts, obere Bürste rechts, G —) wird aber durch den Induktionswiderstand der Primärspule verzögert, wodurch einesteils eine Magnetisierung des Eisenkernes, andernteils ein Induktionsstrom von hoher Spannung in der Sekundärspule erzeugt wird. Dieser Induktionsstrom gleicht sich durch die Röntgenröhre von der Anode zur Kathode hin aus und erzeugt Röntgenlicht. Hierauf erfolgt ein in seiner Stromstärke langsam abnehmender Stromfluß im Primärstromkreis in der Pfeilrichtung und damit ein gleichzeitig langsames Abnehmen des Magnetismus im Eisenkern.

Da im Gegensatz zum Unterbrecher der primäre Leitungsweg beim Grissonator während dieser Zeit des primären Stromflusses nicht unter-

brochen ist, so induziert der sich langsam ausgleichende Magnetismus einen Induktionsstrom von niedriger Spannung in der Primärspule, welcher von dem Kondensator gleichzeitig mit dem asymptotisch abnehmenden Primärstrom aufgenommen wird.

Die Verhältniswerte zwischen Widerstand, Selbstinduktion und Kapazität sind von Grisson so zueinander in Einklang gebracht (elektrische

Fig. 54.



Konsonanz), daß der Ausgleich der Spannung zwischen Stromquelle G und dem Kondensator C mit dem Ausgleich des Magnetismus des Eisenkerns zeitlich zusammenfallen, so daß also in dem Zeitpunkte, in welchem der Kondensator die gleiche Spannung wie die Stromquelle erreicht, der Stromfluß zwischen allen Teilen von selbst aufhört.

Der Umschalter wird hierauf von dem Motor in die Stellung des 2., oberen Bildes gebracht; der Kondensator bleibt bei Öffnung der s t r o m - l o s e n Primärleitung auf + — 220 Volt geladen, so daß dieser Vorgang

auf den Hochspannungskonsonator und die Röntgenröhre ohne Einwirkung ist.

Sobald aber der Umschalter in die Stellung des 3. Bildes rechts gebracht wird, besteht zwischen der Stromquelle G und dem Kondensator C ein Spannungsunterschied von der doppelten Netzspannung, also in diesem Falle von 2×220 = 440 Volt.

Dieser Spannungsunterschied sucht sich im Zeitpunkt des Kontaktes in der Pfeilrichtung wieder auszugleichen, einerseits von der Stromquelle G +, Primärspule H, untere Bürste links, Umschalter U unten, untere Bürste rechts, Kondensator C (—) und anderseits Kondensator C (+), obere Bürste links, Umschalter U oben, obere Bürste rechts, Stromquelle G —.

Der Stromfluß wird wie zuvor durch den Induktionswiderstand der Primärspule verzögert, wodurch einesteils eine Magnetisierung des Eisenkerns, andernteils ein Induktionsstrom von hoher Spannung in der Sekundärspule erzeugt wird. Dieser Induktionsstrom gleicht sich durch die Röntgenröhre wieder in gleicher Richtung wie zuvor von der Anode zur Kathode hin aus und erzeugt Röntgenlicht. Hierauf erfolgt wieder langsamer Ausgleich des Magnetismus, Induktionsstrom von niedriger Spannung in der Primärspule und Aufladung des Kondensators bis zur Netzspannung mit gleichzeitiger Beendigung des Stromflusses zwischen allen Teilen.

Der vordem auf (+) (—) 220 Volt geladene Kondensator ist nunmehr auf — + 220 Volt umgeladen worden.

Der Umschalter wird hierauf von dem Motor in die Stellung des 4.. unteren Bildes gebracht, der Kondensator bleibt bei Öffnung der stromlosen Primärleitung — + 220 Volt geladen, so daß also dieser Vorgang wiederum auf den Hochspannungskonsonator und die Röntgenröhre ohne Einwirkung ist.

Wird dann der Umschalter wieder in die erste Stellung links gebracht, so wird wieder ein Sekundärstrom erzeugt, der die Röntgenröhre von der Anode zur Kathode durchfließt, und der Kondensator wird auf + — 220 Volt umgeladen.

Dieser Vorgang kann nun beliebig oft wiederholt und die Geschwindigkeit der Stromschlagfolge durch größere oder kleinere Drehzahl des Motors dem jeweiligen Zwecke entsprechend gewählt werden.

Die Stromstärke jedes einzelnen Induktionsschlages ist unabhängig von der Anzahl der Stromschläge in der Sekunde, da der Spannungsausgleich jedesmal im Zeitpunkt des metallischen Kontaktes am Umschalter erfolgt; sie wird geändert durch einen, an beliebiger Stelle in den primären Stromkreis eingeschalteten Regulierwiderstand. Der Regulierwiderstand verzögert die Aufladung des Kondensators und verkleinert dadurch die Stärke des Induktionsstromes in der Sekundärspule.

Da nun der Widerstand für jeden Kontakt des Regulierschalters, die Kapazität des Kondensators und die Selbstinduktion des Hochspannungskonsonators konstante Größen sind, so ist auch die Stromstärke jedes Induktionsschlages für jeden Kontakt eine konstante Größe.

G r i s s o n steht also auf dem Standpunkt, daß in seinem Instrumentarium nur Ströme von gleicher Richtung die Röntgenröhre passieren. Es kann seines Erachtens bei eingeschalteter Röntgenröhre überhaupt kein Gegenstrom im sekundären Stromkreis auftreten, weil der primäre Strom niemals unterbrochen wird. Denn die Ladung des Kondensators erfolgt mit stoßweisem Beginn und asymptotischem Verlauf mit gleichzeitigem Ausgleich, bzw. Verschwinden des Magnetismus im Eisenkern, so daß mit beendeter Ladung des Kondensators zwischen den auf dem Kollektor schleifenden Bürsten und der Gleichstromquelle keine Potentialdifferenz besteht und damit auch ein Stromfluß von der Gleichstromquelle aus nach dem Kondensator nicht mehr vorhanden ist. Somit wird auch tatsächlich bei der Drehung des Polwenders der Stromweg geöffnet, ohne daß ein Öffnungsfunke zwischen den Bürsten und den Lamellen der Umschalterwalze entsteht.

Andere Forscher (z. B. W a l t e r) nehmen an, daß, weil auf den steilen Anstieg des Stromes bei der Schließung notwendigerweise wieder ein Abfall erfolgen müsse, da sonst ein zweiter Anstieg unmöglich erscheine, durch diesen Abfall des primären Stromes dann im sekundären Stromkreis doch Gegenströme entstehen würden, die zu einer Schädigung der Röntgenröhre beitragen analog dem Öffnen und Schließen des primären Stroms beim Unterbrecherbetrieb.

Diese Anschauung ist indessen durch exakte Untersuchungen bisher nicht geklärt und die zahlreichen praktischen Erfahrungen sprechen bisher mehr für die Annahme G r i s s o n s.

Mittels des Glimmlichtoszilloskopen nach R u h m e r habe ich immer wieder den sekundären Strom des Grissonators untersucht, bei schwacher, mittlerer und stärkster Röhrenbelastung; waren die Kondensatorzellen intakt, so trat an der Anode niemals Glimmlicht auf, während die Kathode von dem negativen Glimmlicht in einer der jedesmaligen Stromstärke proportionalen Länge umgeben war.

Ich selbst arbeite nun bereits fast acht Jahre neben einem zweiten Induktorinstrumentarium mit dem Grissonator und bin nach wie vor ganz außerordentlich zufrieden. Erneuerungen bedürfen von Zeit zu Zeit nur die Kondensatorzellen. Sobald nämlich durch helles Brennen der vor die Zellen eingeschalteten Glühlampe die Unbrauchbarkeit des Elektrolyten angezeigt ist, werden die Klemmen an den Elektroden gelöst, die Flüssigkeit wird ausgeschüttet, die Eisenelektroden und die Gefäße werden gesäubert und schließlich destilliertes Wasser bis zu der

angemerkten Höhe + dem Elektrolytsalz eingefüllt. Die Lösung des Salzes geht unter Umrühren schnell vor sich, und die Einsetzung der Elektroden und ihr richtiger Anschluß ist absolut einfach zu bewerkstelligen. In früherer Zeit erforderten die Kondensatoren ein häufigeres Nachfüllen des verdunsteten Wassers, wurde dieses versäumt, so konnte eine vorzeitige Beschädigung der Aluminiumelektroden die Folge sein. Seit vier Jahren werden die Kondensatoren mit einem Decköl gegen den Luftzutritt abgeschlossen, wodurch die Verdunstung des Elektrolyten und die vorzeitige Beschädigung der Elektroden beseitigt ist. Bei der Füllung der Kondensatoren ist darauf zu achten, daß die Aluminiumelektroden langsam eingehängt werden, damit das Öl sich mit den trockenen Elektroden vereinigt und eine Ausscheidung von Salzen durch die Öldecke hindurch vermieden wird. Man neigt dazu, den Ersatz des Elektrolyten dadurch hinauszuschieben, daß man frisches Salz in die Zellen nachschüttet. Dieses hat jedoch keinen Wert, sondern es muß bei notwendig gewordenem Ersatze der ganze Elektrolyt erneuert werden.

Der richtige Anschluß der Aluminiumelektroden an den + - Pol, der Hilfselektrode an den — - Pol macht natürlich keine Schwierigkeiten.

Ich habe die Behandlung der Kondensatorzellen ausführlicher beschrieben, weil dieser Teil des Grissonators tatsächlich der einzige ist, der einer gelegentlichen Wartung bedarf. Denn der Polumwender, ein scheinbar sehr beanspruchtes Instrument, bedarf überhaupt keiner Pflege. Die Bürsten sind nach meiner Erfahrung von so gut wie unbegrenzter Dauer, gewiß ein untrügliches Zeichen, daß im Moment des Abgleitens der betreffenden Bürsten von den Lamellen ein Stromfluß zwischen allen Teilen nicht mehr stattfindet. Denn wenn dies der Fall wäre, müßte es an den Bürsten und Lamellen zu einer intensiven Funkenbildung durch Unterbrechung des Stromes kommen. Davon ist, wie gesagt, nichts zu konstatieren.

Die Arbeitsweise mit dem Grissonator ist eine sehr einfache. Zuerst wird der Polwender eingeschaltet, dann der Strom. Wir haben es nun in der Hand, dadurch, daß wir den Motor schneller oder langsamer laufen lassen, die Stromschlußzahlen in der Sekunde zu steigern oder zu verlangsamen. Ferner ist die primäre Stromstärke in weitesten Grenzen variabel, da die Zuführung des primären Stromes gesondert vom Polwender durch den Regulierwiderstand erfolgt.

Um ferner die Leistung des sekundären Stromes immer weiter zu steigern, so daß auch allerkürzeste Zeiten zu Aufnahmen gewählt werden können, ist das Einschalten von 2, 4, 6 und 8 weiteren Kondensatorzellen vom Schalttisch aus möglich. Nach G r i s s o n tritt hierdurch eine im Quadrat steigende sekundäre Stromleistung ein, so daß also die Strom-

stärke des Induktionsschlages bei vier Kondensatorzellen 16mal so groß ist als bei einer.

Die größte Leistung wird mit dem sogenannten Einzelschlaggrissonator erzielt. Der Primärstrom wird bei diesem durch einen mechanischen Schalter geschlossen und im Zeitpunkt des Einschaltens wird ein einziger kräftiger Induktionsschlag erzeugt, welcher von so kurzer Dauer ist, daß selbst in stetiger Bewegung befindliche Körperteile in schärfster Zeichnung, wie im Zustand der Ruhe, zur Darstellung gelangen.

Aus diesen Ausführungen wird ersichtlich, daß die Anpassungsfähigkeit des Grissonators an unser Röhrenmaterial eine außerordentlich große und außerdem eine sehr bequeme ist. Auch der Neuling wird aufs schnellste lernen, im Hinblick auf die eingeschaltete Röhre den richtigen Grad der jedesmal notwendigen Belastung herauszufinden. Daß hieraus allein schon eine Schonung der Röhren resultiert, ist sicher.

Bei Durchleuchtungen steht das Röhrenlicht absolut ruhig. Die Röntgenröhre gleicht einer grünleuchtenden Glühbirne.

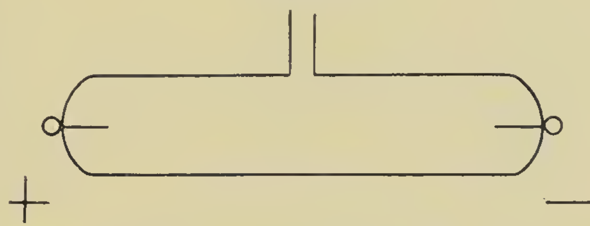
Nach alledem muß ich den Grissonator warm empfehlen.

Die Röntgenröhre.

Wir wollen in diesem äußerst wichtigen Kapitel historisch vorgehen und an der Hand früherer wertvoller Versuche, soweit dieselben notwendig in Betracht kommen, die heutige Röntgenröhre entstehen lassen.

Wir nehmen eine 25 cm lange und 6 cm weite Glasröhre, in deren beide zugeschmolzene Seiten Drähte eingelassen sind, die, außen zu Ösen umgebogen, innerhalb der Röhre in zwei Spitzen endigen. Seitlich oben befindet sich ein dünner Ansatz, der zum Abschmelzen der Röhre dient (Fig. 55). In solcher Röhre haben wir denselben Druck wie in der uns umgebenden Luft, nämlich den Druck einer etwa 760 mm hohen Quecksilbersäule (einer Atmosphäre), mit den kleinen Abweichungen, die uns das Barometer an den Orten verschiedener Höhe zeigt. Die beiden eingelassenen Drähte haben den Namen Elektroden, und wir unterscheiden nach dem Eintritt der Elektrizität die p o s i t i v e, d i e A n o d e, und die n e g a t i v e, d i e K a t h o d e. Befinden sich nun in dieser Röhre die Elektrodenspitzen 20 cm voneinander, und sind die beiden äußeren Elektrodenösen mit den Polklemmen der sekundären Rolle eines Induktionsapparates verbunden, der einen Strom von 15 cm Funkenlänge liefert, so können natürlicherweise keine Entladungen stattfinden. Ganz anders

Fig. 55.



gestalten sich indessen die Verhältnisse, wenn wir den Luftdruck im Innern der Röhre stark verringern. Dies erreichen wir dadurch, daß wir die Röhre vermittels des engeren seitlichen Ansatzes mit einer hierzu geeigneten Quecksilberluftpumpe in Verbindung setzen. Pumpen wir nun so viel Luft aus der Röhre, daß sich nur noch der 760. Teil der ursprünglichen Menge darin befindet, so sagen wir: der Druck der Röhre beträgt nur noch 1 mm ($^1/_{10}$ mm Druck ist also gleich dem 7600. Teil der ursprünglichen Luftmenge usw.). Nehmen wir an, die Evakuierung der Röhre sei nur bis auf 6 mm ausgeführt, so findet ein Ausgleich der Elektrizitäten in Gestalt eines hellen violetten Lichtbandes zwischen den beiden Elektroden statt; ist der Druck noch geringer gemacht, bis zu 1 mm, so verbreitert sich dieses Lichtband, so daß es die ganze Röhre ausfüllt.

Das Licht erscheint eigenartig geschichtet, und wir beobachten an der Kathode einen blauen Lichtschein, der von dem violetten Licht der Anode durch einen schmalen dunklen Zwischenraum getrennt ist. Man kann nun nicht allein Röhren mit Luftinhalt, sondern auch solche mit irgendwelcher Gasfüllung auf den gewünschten Evakuationszustand bringen und so je nach dem Gasinhalt schöne und verschiedenartige Farbeneffekte erzielen. Röhren dieser Art hat zuerst *Geißler* in Bonn fabriziert; nach ihm werden dieselben bekanntlich *Geißler*sche Röhren genannt.

Geht man nun in der Luftverdünnung der Röhre noch weiter, so vergrößert sich der dunkle Kathodenraum immer mehr, um schließlich die ganze Röhre einzunehmen und das Anodenlicht vollkommen verschwinden zu lassen.

Hittorf, der sich Ende der sechziger Jahre mit der Beobachtung dieser Erscheinungen eifrig beschäftigte, fand nun, daß bei hoher Evakuation der Röhre von der Kathode Strahlen ausgehen, die die gerade gegenüberliegende Röhrenwand zur Phosphoreszenz bringen, während sie selbst nicht sichtbar sind. Dies sind also die *Kathodenstrahlen*. Nächst *Hittorf* hat noch *Crookes* große Verdienste um die Erforschung der Kathodenstrahlen. Es wurde festgestellt, daß *die Kathodenstrahlen immer senkrecht von der Oberfläche der Kathode ausgehen*, ohne daß es irgendwie von Einfluß wäre, an welcher Stelle der betreffenden Röhre sich die Anode befindet. Gibt man der Kathode die Form eines Hohlspiegels, so kann man demgemäß die Kathodenstrahlen in *einem Brennfleck sammeln*. Ferner haben die Kathodenstrahlen die Eigenschaft, Körper, die sie treffen, zur Phosphoreszenz zu bringen und stark zu erhitzen. Photographische Platten, die im Innern der Röhre von Kathodenstrahlen getroffen werden, sind damit belichtet. Weiter wurde gefunden, daß die Kathodenstrahlen *durch den Magneten ablenkbar*

sind und eine mechanische Wirkung ausüben auf leicht bewegliche Flügelräder; die Flügel drehen sich derart, als ob sie von der Kathode aus bombardiert würden. Nachdem Herz nachgewiesen hatte, daß die Kathodenstrahlen imstande sind, dünne Aluminiumplatten zu durchdringen, brachte Lenard in der Glaswand der Röhre ein kleines Aluminiumfenster an und ließ sie in die Luft übertreten.

Das war etwa im großen und ganzen bekannt über die Kathodenstrahlen, als Röntgen seine Entdeckung machte. Wie wir bereits in der Einleitung erwähnt haben, stellte Röntgen fest, daß von der Stelle, wo die Kathodenstrahlen die Glaswand der Röhre treffen, seine neuen Strahlen ausgehen. Demgemäß experimentierte man auch allgemein in der ersten Zeit mit Röhren, deren Form ganz beliebig gestaltet war, rund, langgestreckt, birnenförmig usw., die Kathode bestand aus einem kleinen runden Aluminiumblech. Von hier gingen dann die Kathodenstrahlen geradlinig aus, um an der gegenüberliegenden plan, kugelig, zylindrisch geformten Röhrenfläche die Röntgenstrahlen entstehen zu lassen[1]).

Die anfangs gefertigten Röntgenbilder litten alle an Unschärfe und Verschwommenheit der Konturen, die neben anderen Ursachen darin begründet war, daß die wirksamen Röntgenstrahlen nicht möglichst von einem Punkt kamen, sondern von einer ziemlich großen, meist noch gekrümmten Glasfläche. Diese Strahlenquelle konnte bei ihrer Größe und Unebenheit natürlich keine scharfen Schatten werfen. Ferner war die Intensität der von der Glaswand ausgehenden Strahlen nicht sehr groß, so daß man sehr langer Expositionszeit bedurfte; denn Röntgenstrahlen, die durch Auftreffen der Kathodenstrahlen auf stark fluoreszierende Körper, wie Glas, entstehen, sind weniger wirksam als solche, die z. B. an Metallen gebildet werden. Ferner bestand noch die Unannehmlichkeit, daß sich die Glaswand, die von den Kathodenstrahlen getroffen wurde, sehr stark erwärmte, ja so heiß wurde, daß man ohne Gefahr der Röhrenschädigung nicht weiter experimentieren konnte; überhaupt waren diese ersten Röhren von sehr kurzer Lebensdauer.

Aus allen diesen Gründen ging man dazu über, die noch heute anerkannte Anordnung der Röhren allgemein zu akzeptieren, die gleichfalls Röntgen selbst im März 1896 beschrieben hat. Einmal gab man der als Kathode dienenden Elektrode die Form eines Hohlspiegels, um so

[1]) Um die alten Röhrentypen der Zukunft zu erhalten und damit die Entwicklung der Röntgenröhre vom Jahre 1895 an durch Exemplare selbst vor Augen zu führen, hat erfreulicherweise die Deutsche Röntgengesellschaft im Jahre 1908 gelegentlich des IV. Röntgenkongresses in Berlin eine historisch geordnete Röhrenausstellung veranstaltet. Alles hierher Gehörige mit Abbildungen ist ausführlichst zur Darstellung gebracht in den Verhandlungan der Deutschen Röntgengesellschaft, Bd. IV, S. 167 ff. — Die Röhrensammlung befindet sich zurzeit im Röntgenmuseum der Kaiser-Wilhelm-Akademie Berlin, NW., Scharnhorststr. 35.

die Kathodenstrahlen auf einen Punkt oder wenigstens einen möglichst kleinen Fleck zu konzentrieren. Ferner stellte man der Kathode gegenüber in einem Winkel von 45° ein Platinblech; die Entfernung desselben wurde so gewählt, daß sich die vordere ganz ebene Platinfläche möglichst gerade im Brennpunkt des Kathodenhohlspiegels befand. Damit wurde vor allem erreicht, daß die Röntgenstrahlen annähernd einen punktförmigen Entstehungsort haben und recht intensiv sind; ferner wurde die übermäßige Erwärmung eines Teils der Röhrenwand mit ihren üblen Folgen ausgeschlossen. Eine besondere Anpassung der Entfernung der inneren Elektroden an die zur Verwendung kommende Intensität des Induktors war nicht geboten. Diese Konstruktion hat sich äußerst bewährt, wenigstens ist bis zum Augenblick noch nichts Praktischeres gefunden worden.

Alle Röhren erhielten außerdem in ihrem Hauptteile Kugelform mit Ansätzen, durch die die Elektroden geleitet sind.

Die äußere Haltbarkeit der Röhren ist verschieden, je nachdem dieser große kugelige Teil unmittelbar aus dem Ofen heraus in der Glashütte geblasen wird, wie z. B. bei Gundelach in Gehlberg; oder wenn das Glasrohr am Bunsenbrenner erhitzt und zur Kugel ausgeblasen wird. Bei letzteren ist die Erhitzung und nachträgliche Abkühlung des Glases naturgemäß nicht so gleichmäßig, so daß beim Aufblasen leichter Dickenunterschiede in der Glaswand entstehen, welche die Verletzlichkeit bei äußerem Druck oder Anstoßen steigern.

Die eine Hälfte der Glaskugel, sagen wir die untere, wird dann von dem schräg zur Kathode gestellten Platinblech und seinen Strahlen beherrscht. Dieses Platinblech hat den Namen Antikathode erhalten, mag es nun gleichzeitig Anode sein oder nicht. Die Röhren werden wegen der Eigenschaft der hohlspiegelartigen Kathode Fokusröhren genannt.

Während früher die Röhren in bezug auf ihren Kugeldurchmesser ziemlich klein gebaut wurden, ist man in der Röhrenfabrikation allgemein dazu übergegangen, das Volumen der Langlebigkeit wegen groß zu nehmen. Es klingt ja auch sehr plausibel, daß sich das Vakuum einer kleineren Röhre durch Verlust einiger Gasteilchen schneller erhöht als das Vakuum größerer Röhren. Hat doch z. B. eine Röntgenröhre von 20 cm Durchmesser im kugeligen Teil bereits mehr als viermal so viel Inhalt als eine solche von 12 cm.

Nur darf man dabei eins nicht übersehen. In größeren Röhren werden bei der größeren inneren Oberfläche durch den Gebrauch auch mehr Luftteilchen gebunden, so daß also dieser Vorteil teilweise illusorisch ist. Da ferner die Glaswand in größeren Röhren im Interesse der Stabilität etwas dicker genommen werden muß, findet in diesen auch eine größere Absorption von Strahlen und dadurch eine entsprechende Abschwächung

der Röntgenstrahlenwirkung statt. Trotzdem sind wir mit der Vergrößerung der Röhren einverstanden. Nur soll man nicht glauben, daß ein wesentlicher Unterschied der Lebensdauer besteht, wenn der Durchmesser der Röhrenkugel anstatt 15 cm etwa 18 cm beträgt. Denn für die Lebensdauer sprechen andere Faktoren viel gewichtiger mit.

Die allermeisten Röntgenröhren phosphoreszieren grün, da fast ausnahmslos deutsches Kaliglas in der Röhrenfabrikation benutzt wird. Röhren, die aus bleihaltigem englischen Glas gefertigt sind, phosphoreszieren blau.

Um die an der Platinantikathode entstehenden Röntgenstrahlen möglichst ungeschwächt in die Luft übertreten zu lassen, muß die Glaswand des kugeligen Röhrenteils recht dünn und gleichmäßig sein. Denn es ist klar, daß, wie schon Röntgen und später Walter ganz exakt nachgewiesen haben, die Verschiedenheiten der Strahlungsintensität einer Röntgenröhre in den verschiedenen Richtungen durch die verschieden starke Absorption der Röntgenstrahlen in der Glaswand hervorgerufen werden. Genaueste Daten hierüber geben die von Walter aufgestellten Tabellen, welche sich im letzten Teile dieses Buches (Therapie) finden. Um das Durchtreten der Röntgenstrahlen möglichst zu erleichtern, haben verschiedene Konstrukteure die Glaswand gegenüber der Antikathode zirkumskript mehr ausgeblasen und dadurch ganz dünn gemacht.

Lindemann hat ein besonders durchlässiges Glas geschaffen, welches aus Körpern besteht, die ein möglichst geringes Atomgewicht haben. Gewöhnliches Glas besteht bekanntlich aus Natrium-Kalziumsilikat. Er nimmt statt Natrium (Atomgewicht 23) Lithium (7), statt Kalzium (40) Beryllium (9) und statt Silizium (28) Bor (11) und erhält so das geeignete Glas. Dieses Lithiumglas absorbiert von den in der Röhre entstehenden Röntgenstrahlen nur 10—15 %, während gewöhnliches Glas nach Walter etwa 60 % absorbiert. Demgemäß steigt der Nutzeffekt bei Anwendung des neuen Glases von 40 % auf 85—90 %.

Für das Einschmelzen der Elektroden wird Platin verwandt, weil dieses den gleichen Wärmeausdehnungskoeffizienten hat wie Glas. Die Antikathode muß derart beschaffen sein, daß sie dem Ansturm der Kathodenstrahlen einen möglichst großen Widerstand leistet. Dabei spielt die Wahl des Metalls, seine Dicke, seine Leitungsfähigkeit für Wärme und seine Kühlung eine gewichtige Rolle. Hoher Schmelzpunkt und hohes Atomgewicht des Metalls sind ausschlaggebend, deshalb finden wir die Antikathode in den meisten Röhren mit Platin armiert, außerdem wird Tantal, Iridium und Wolfram verwandt. Wie die einen die Wärmeableitung und Sicherung der Antikathode durch ihre Armierung mit dicken Metallklötzen und durch Rippenbildung, andere das gleiche durch eine geschickte forcierte Luft- oder Wasserkühlung erreichen,

werden wir noch genauer bei Besprechung einzelner markanter Röhrenmodelle sehen.

Bei der Evakuation wird unter fortgesetztem Erhitzen durch die Röhre hochgespannter Strom geschickt, und zwar werden hierzu die Kathode und die Hilfsanode der Röhre an die Polklemmen der sekundären Rolle eines Induktors angeschlossen. Die Kathode und Anode werden aus Aluminium gefertigt, weil dieses das einzige Metall ist, welches bei Stromdurchgang im Vakuum so gut wie nicht zerstäubt, während z. B. Platin energisch zerstäubt. Die Metallteile, welche in dem Röhreninnern notwendig sind, müssen außerdem vor der Montierung richtig ausgeglüht werden, nicht zu wenig, damit sie nicht zu viel Gasreste enthalten, die während des späteren regulären Gebrauchs störend austreten würden, anderseits nicht zu stark, damit eben gewisse geringe Gasmengen allmählich noch im Röhreninnern frei werden können. Die Hilfsanode ist übrigens nur für den Evakuationsprozeß nötig.

Äußerst wichtig ist es, daß die Metallteile im Innern der Röhrenfortsätze recht gut isoliert sind, um bei der Passage des hochgespannten Stromes einem Durchschlagen der Glaswand möglichst vorzubeugen. Das wichtigste aber ist, daß der Kathodenspiegel und das Antikathodenplatinblech richtig zueinander und absolut unbeweglich stehen. Die Beweglichkeit ist natürlich bei oberflächlicher Betrachtung nicht zu entdecken, wohl aber, wenn man auf dem Platinblech den entstehenden Brennfleck scharf beobachtet. Wechselt derselbe bei der Strompassage seinen Platz, d. h. t a n z t derselbe auf dem Platinblech, so ist die Röhre als unbrauchbar für scharfe Aufnahmen zu bezeichnen. Dabei will ich gleich erwähnen, daß das Tanzen des Brennpunktes auch noch andere Gründe haben kann, auf die wir später noch zu sprechen kommen.

Bei einer neuen Röhre und bei sorgsamer Arbeit muß also der Brennfleck unbeweglich feststehen, wenn die Röhre Anspruch auf Güte machen will.

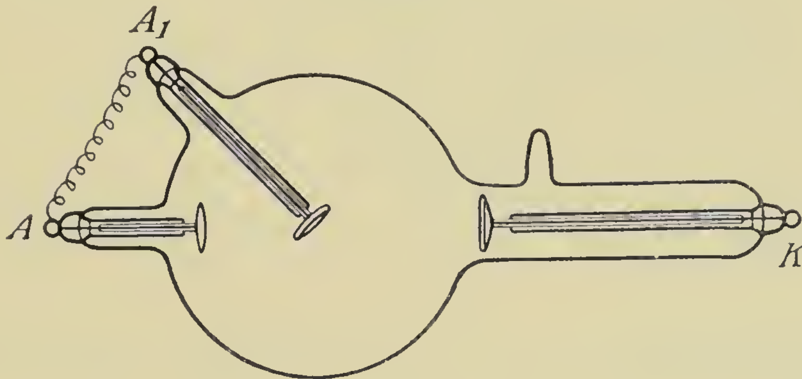
Daß man versucht hat, die Kathode und Antikathode gegeneinander verschiebbar zu machen, um so mit verschiedenem Licht, was je nach dem Stande der beiden zueinander von einem größeren oder kleineren Brennfleck kommt, arbeiten zu können, lag ja ziemlich nahe, man wollte dann bald ein Durchleuchtungs-, bald ein Photographierlicht haben. Die derartig konstruierten Röhren, die wir in Händen gehabt haben, leiden aber entschieden an dem oben geschilderten Fehler. Es ist dann bisweilen gar keine Ruhe in den Brennpunkt hineinzubekommen, so daß man keine vernünftige Aufnahme machen kann.

Die isolierende seitliche Umkleidung des Antikathodenmetalls ist nach den Untersuchungen von M ü l l e r - Hamburg aber nicht allein nötig wegen des Schutzes gegen Durchschlagen der Röhren, vielmehr hängt die gute Funktion und die höhere Belastbarkeit einer Röhre be-

sonders mit davon ab, daß die freiliegenden Metallmassen der Antikathode im Verhältnis zur Kathode möglichst klein sind: also Kathode groß, Antikathode seitlich durch Glasmantel gut isoliert und freie Vorderfläche klein.

Sehen wir uns nunmehr eine ganz einfache unkomplizierte Röntgenröhre einmal etwas näher an. Sie besteht aus einer Glaskugel mit verschiedenen zylindrischen Ansätzen (Fig. 56). Der lange Fortsatz bei K dient zur Aufnahme und Führung der Kathode; der Aluminiumhohlspiegel ist so angebracht, daß er noch eben im Lumen des zylindrischen Ansatzes liegt; dadurch wird das Austreten von störenden Kathodenstrahlen aus den Rändern und von der Hinterfläche der Kathode möglichst verhindert. Von diesem Kathodenfortsatz geht ein kleiner Ansatz aus, durch den die Evakuation der Röhre erfolgt, und der dann abgeschmolzen ist. Die entstehende Spitze ist früher oft von kräftigen Funken durchschlagen worden, überhaupt neigte diese Stelle leicht zum

Fig. 56.



Springen. Es muß deshalb vom Glasbläser dem Abschmelzen ganz besondere Sorgfalt zugewandt werden, und der kleine Ansatz wird mit einem gut schützenden und isolierenden Gummihütchen überzogen.

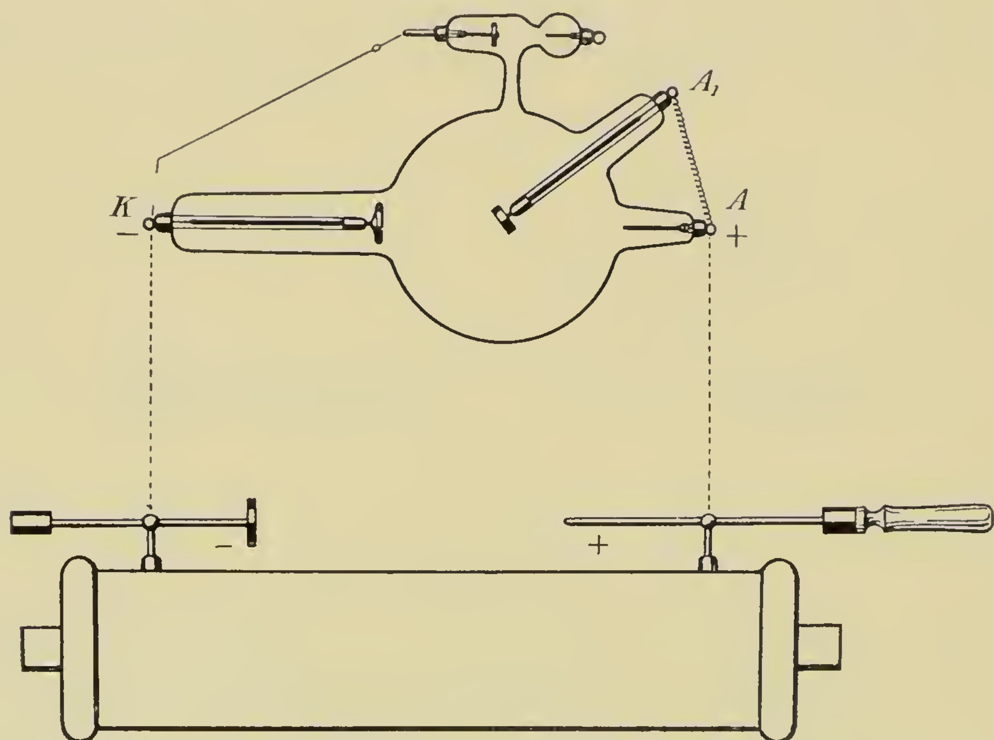
Direkt gegenüber der Kathode, genau in der Mitte des kugelförmigen Röhrenteils, ist die Antikathode A_1 durch einen kleineren Glasansatz eintretend angebracht. Dieselbe besteht an ihrer Oberfläche meist aus Platin und steht in Seitenansicht in einem Winkel von 45° zur Kathodenachse mit der Vorderfläche schräg nach unten gerichtet.

Außerdem haben wir die eigentliche Anode A, welche jetzt meist als einfacher dickerer Aluminiumstift ausgebildet ist und nur für den Evakuierungsprozeß von Bedeutung ist (Hilfsanode). Alle drei Elektroden sind in Glasstäbchen eingeschmolzen und dadurch nochmals im Röhreninnern isoliert; nach außen endigen die Elektrodendrähte in kleinen Messingkappen, die mit Ösen zwecks Einhängens der stromzuleitenden Drähte armiert sind.

Normalerweise sollen nun A und A_1, d. h. die Antikathode und Anode durch einen Kupferdraht leitend miteinander verbunden sein, um das beste Licht zu erhalten.

Um nun die Röntgenröhre richtig an den Induktor anzuschließen, verfahren wir folgendermaßen. Wir wissen, daß die Induktionsrolle (Fig. 57) ihre beiden Enden in zwei Polklemmen findet, die beiderseitig oben aus der Rolle hervorragen. Hier werden die Drähte befestigt, die die Verbindung mit der Röhre herstellen; ferner werden die Ableitungsklemmen der sekundären Wicklung benutzt zur Anbringung einer Vorrichtung für die Prüfung des Induktors auf seine maximale Funkenlänge. Auf der einen Seite befindet sich eine mehr oder weniger große runde Metallscheibe, auf der anderen eine horizontal verschiebbare Stange, welche in einer Spitze endigt und in Abständen von 1 cm mit einer ringförmigen Einteilung versehen ist. Man kann so jeden Augenblick die

Fig. 57.



Funkenlänge direkt in Zentimetern ablesen, indem man die Stabspitze so weit entfernt, daß die Funken noch in einem geschlossenen Bande überspringen. Wir kommen hierauf später noch einmal zurück, wollen nur von vornherein schon bemerken, daß wir den an jedem Induktor befindlichen Stromwender stets nach der Seite durch abwechselndes Probieren einschalten, daß wir die regelmäßigsten und längsten Entladungen zwischen den beiden Elektroden hervorrufen. Wir wissen dann zugleich, daß wir die runde Metallplatte zu der dazu bestimmten Kathode (—) gemacht haben; die Spitzenelektrode ist dann die Anode (+).

Für die Leitung zwischen den Induktorpolklemmen und der Röhre benutzen wir dünne Drähte, sogenannte Hochspannungskabel. Dieselben sind mit bester Isolation und mit Gummischläuchen umgeben und endigen auf der einen Seite mit blanken Stiften, auf der anderen in kleinen Haken.

Mit den Stiften werden diese Kabel in den Polklemmen befestigt. Der von der runden Metallplatte kommende Draht wird zur Röhrenkathode geleitet, der andere zur Anode. Es ist dabei gleichgültig, ob der letztere positive Draht bei A oder A′ eingehängt ist. Wir schalten nunmehr den Unterbrecher ein und dann mittels des Rheostaten den Strom, indem wir gewöhnlieh sehwaeh beginnen, um allmählich zu der gewünsehten Höhe dureh Weiterführen der Kurbel anzusteigen. Denken wir uns nun die Röhre in zwei Hälften geteilt, in die Kathodenhälfte, welehe vor dem Antikathodenplatinbleeh und einer dureh dies gelegten Ebene liegt, und in die Anodenhälfte, welche hinter dieser Ebene sieh befindet, so werden wir bemerken, wie bei dem langsam ansteigenden Strom die Kathodenhälfte sich immer mehr aufhellt, um allmählich ganz gleichmäßig in einem schön grünen oder grünlichgelben Liehte zu erstrahlen. Die Anodenhälfte ist aueh etwas erhellt, doch ist das Phosphoreszenzlieht hier ganz sehwach und nieht so gleichmäßig als in der Kathodenhälfte. Eine Verwcehslung bei etwa fehlerhaft geschehener Einschaltung ist für den, der die Röhre einmal riehtig geschaltet gesehen hat, gar nieht möglich. Bliekt man seitlieh stehend etwas aus der Ferne, während die Antikathode sehräg naeh unten sehaut, so sieht man die Liehtverteilung im Innern der Röhre besonders sehön. Die Intensität der Röntgenstrahlen prüfen wir dann mit dem Fluoreszenzsehirm oder einem geeigneten Härtemesser; Instrumente, die wir noeh kennen lernen werden.

Sehließen wir nun den positiven Draht der Sekundärrolle des Induktors bei A_1 an, ohne A und A_1 leitend zu verbinden, so haben wir die Antikathode zur Anode gemaeht. Bei fortgesetzten Versuehen an allen mir zur Verfügung stehenden guten Röhren bei sonstigem guten Instrumentarium habe ieh bei dieser Anordnung eigentlieh nie einen Untersehied in der Sehirmhelligkeit gegenüber der geforderten Anordnung finden können, auch nieht in den Fluoreszenzerseheinungen des Röhreninnern. Ganz anders liegen aber die Verhältnisse, wenn wir den Verbindungsdraht zwisehen A und A_1 weglassen und A allein ansehließen. Sehieken wir jetzt den Strom dureh die Röhre, so sehen wir sehon äußerlieh ganz andere Phosphoreszenzerscheinungen an der inneren Röhrenwandung; aueh ist das Phosphoreszenzlieht nicht von der Helligkeit wie sonst, vor allem aber zeigt der Fluoreszenzsehirm ein minderwertiges Lieht. Wir sehen daraus, wie wenig sieh eine isolierte Antikathode zur Emission der Röntgenstrahlen eignet. Der Grund liegt darin: Die isolierte Antikathode wird von den aufprallenden Kathodenstrahlen stark negativ geladen, und wirkt dadureh abstoßend und verwirrend auf die weiter andringenden Kathodenstrahlen und irritierend auf die Größe und Ruhe des Brennflecks.

Die Liehterseheinungen im Innern der Röhre bei riehtiger Einsehal-

tung kommen, wie sich aus den früheren Darlegungen ergibt, folgendermaßen zustande. Die Kathodenstrahlen vereinigen sich infolge ihres geradlinigen Austritts aus dem Aluminiumhohlspiegel in einem Punktfleck auf der gegenüberstehenden Antikathode, den man sich dadurch deutlich machen kann, daß man die Stromenergie und damit die Kathodenstrahlen so weit steigert, daß das Platinblech zu glühen beginnt. Bei gut gearbeiteten Röhren wird sich dieses Glühen ganz besonders auf ein kleines Oval von 1—2 mm Durchmesser erstrecken, die Umgebung dieser kleinen, möglichst punktförmigen Brennfläche wird nur sekundär mitglühen. Schaltet man dann den Strom aus, so findet man in solchen besonders für röntgenographische Zwecke ganz ausgezeichneten Röhren das Platin an der Stelle des Brennpunktes mehr oder weniger verändert, es hat hier seinen Glanz verloren, es ist arrodiert[1]).

Von der Vorderfläche der Antikathode gehen also einmal die Röntgenstrahlen geradlinig nach allen Richtungen durch die Kathodenhälfte aus, außerdem noch die sogenannten sekundären und reflektierten Kathodenstrahlen. Walter nimmt an, daß die charakteristische Phosphoreszenz der inneren Glaswandfläche in der Kathodenhälfte ausschließlich von den sekundären Kathodenstrahlen erzeugt wird. Diese Kathodenstrahlen werden nun von der Röhrenwand absorbiert und ihre Energie (Rosenthal) wird umgewandelt teils in Wärme (die bekannte Erwärmung im Antikathodenraum), teils in chemische Energie (welche die chemische Veränderung und die violette Färbung der Glaswand hervorruft), teils wieder in Röntgenstrahlen (die schädlichen Glasstrahlen). Dabei wollen wir nicht vergessen, daß bereits durch Röntgen nachgewiesen ist, daß außer den wirksamsten zentrierten Kathodenstrahlen noch nach allen Richtungen von der Kathode Kathodenstrahlen ausgehen, die zur Fluoreszenz innerhalb der Röhrenwandung und zur Entstehung von Röntgenstrahlen an allen möglichen Punkten der Röhre Veranlassung geben.

Damit schreiten wir zur Beantwortung der Frage, welche Anforderungen wir denn an eine wirklich gute Röhre stellen dürfen und müssen:

Eine gute Röhre soll schon äußerlich daran

[1]) Ich erinnere hier an eine von uns schon früher mitgeteilte Beobachtung aus der Zeit, wo wir eigentlich bei jeder schwierigeren Aufnahme die Stromintensität so hoch trieben, daß der Platinspiegel tüchtig glühte. Das Platinblech einer ganzen Reihe unserer Röhren war nach einer gewissen Gebrauchszeit im Bereich des größten Glühens weggebrannt. Trotzdem nun hier die ganz zentralen Kathodenstrahlen durch das Blech durchfielen und sich nicht an der Erzeugung der Röntgenstrahlen beteiligen konnten, hatten diese Röhren nicht im geringsten Einbuße an ihrer vorzüglichen photographischen Wirksamkeit verloren. Röhren, die einen Brennpunkt schon beim Ankauf auf dem Platinblech angedeutet aufwiesen, waren röntgenographisch am besten zu verwerten, sie gaben die Bilder von feinster detaillierter Zeichnung.

kenntlich sein, daß die helle Kathodenhälfte scharf von der dunklen Anodenhälfte bei Stromdurchgang getrennt erscheint, daß die Röhre exakt geteilt ist.

Eine gute Röhre muß einen möglichst kleinen, festliegenden Brennfleck haben und ein gleichmäßig intensives Röntgenlicht liefern. das gestattet, in der üblichen Schnelligkeit eine gute, das heißt scharfe und wohldifferenzierte Aufnahme zu machen oder auf dem Fluoreszenzschirm ein gutes Durchleuchtungsbild zu entwerfen.

Eine gute Röhre muß von größter Haltbarkeit bei richtiger Handhabung sein und entsprechend ihrem inneren Bau kurzdauernde höchste oder langdauernde mittelhohe und geringere Belastungen vertragen, damit die hohen Kosten durch die Möglichkeit eines langen und intensiven Gebrauches aufgewogen werden.

Aus diesen Grunderfordernissen und ihrer Besprechung ergibt sich, wie wir im folgenden sehen werden, alles Wichtige.

Es kann nicht unsere Aufgabe sein, über die Evakuation der Röhren irgendwelche technische Angaben machen zu wollen. Aus der tagtäglichen Beschäftigung und Überwachung und der damit einhergehenden Erfahrung weiß der Röhrenfabrikant, wie lange die Evakuation einer Röntgenröhre fortzusetzen ist, bis das genügende Maß der Luftleere erreicht ist. Da entscheidet nicht allein der Fluoreszenzschirm oder eine geeignete Skala, die die vorhandene Strahlenqualität wohl im Augenblicke zeigt, sondern da sprechen noch viele andere, scheinbar unbedeutende und doch wichtige Dinge mit. Der Fabrikant hat mühsam ermittelt, welche Röhrenerwärmung während des Evakuationsprozesses die günstigste ist und wie starke Ströme für die an der Luftpumpe befindliche Röhre in jedem Moment angebracht sind; er hat auch gelernt, das Abschmelzen der Röhre an der Luftpumpe in der richtigen Weise vorzunehmen, eine Manipulation, die so einfach aussieht und so schwer getan ist. Kurz und gut, alle möglichen Kunstgriffe und Kenntnisse sind mühsam erlernt und gesammelt worden, um das Geheimnis und die Güte der Fabrikation darzustellen.

Der Grad der Luftleere ist jedenfalls von größter Wichtigkeit für die Qualität einer Röhre; auch hängt natürlich von der Größe der Luftverdünnung die zu verwendende Stromenergie des Röntgenapparates ab. Für wenig evakuierte Röhren braucht man nur geringere Stromenergie, für höher evakuierte einen Strom von entsprechend größerer Spannung und Stromstärke. Wir haben uns daran gewöhnt, die Qualität einer

Röhre mit dem Ausdruck der Härte und Weichheit zu kennzeichnen. Eine Röhre, welche nur so weit evakuiert ist, daß ein Induktionsstrom von 1—2 cm dieselbe zur Phosphoreszenz erregt, läßt Röntgenstrahlen entstehen von ganz geringem Durchdringungsvermögen, d. h. die Strahlen sind gerade imstande, z. B. im Schattenbilde der hinter einen Fluoreszenzschirm gehaltenen Hand die Knochen der Finger von den umgebenden Weichteilen zu unterscheiden; eine solche Röhre nennt man „sehr weich“[1]).

Setzt man die Luftverdünnung einer solchen Röhre weiter fort, so kommt sie nach und nach in einen Zustand, daß man auch die Knochen der Handwurzel und des Vorderarms deutlich auf dem Lichtschirm von den Weichteilmassen differenzieren kann; auch läßt sich an den letzteren die spezifisch schwerere Muskelschicht von der Hautfettschicht unterscheiden. Der hierfür notwendige Induktionsstrom entspricht etwa einer Funkenlänge von 6—10 cm, eine Handaufnahme mit solcher „weichen“ Röhre wird sehr gut, falls die sonstigen Bedingungen die richtigen sind, die Knochen heben sich wunderbar von den Weichteilen ab. Die Spongiosa zeigt die feinste Bälkchenzeichnung, auch die Weichteile lassen sich genau unterscheiden, das Bild wirkt tatsächlich plastisch. Durch Aufnahmen mit der Lochkamera kann man sich überzeugen, daß bei diesen Röhren die Antikathode von einem ganz kleinen Brennfleck aus allein die Emission der Röntgenstrahlen besorgt, während die übrigen Röhrenteile so gut wie keine Strahlen entstehen lassen.

Man kann natürlich die Evakuation der Röhre immer höher treiben, so daß schließlich Ströme von größter Energie nötig sind, um die Röhre zu passieren und zu erregen. Die entstehenden Röntgenstrahlen werden immer intensiver, das Durchdringungsvermögen wird schließlich so stark, daß auch die Knochen kaum noch einen Schatten werfen, von einer eindrucksvollen Differenzierung der Knochen und Weichteile ist dann keine Rede mehr. Es ist also klar, daß das Röntgenlicht auch zu hell sein kann, wenigstens so lange es sich nicht um Aufnahmen ganz dicker Körperpartien handelt; denn für das Becken eines recht korpulenten Erwachsenen muß man solch durchdringendes Licht einer sogenannten „harten Röhre“ haben, wenn man überhaupt ein Bild fertig bringen will. Die Bilder werden dann allerdings aus verschiedenen Gründen nicht kontrastreich.

Durch Aufnahmen mit der Lochkamera hatte Röntgen nachgewiesen, daß sich bei solch hoch evakuierten Röhren außer der Antikathode auch die Röhrenwandungen und die Aluminiumteile im Innern der Röhre mit an der Aussendung von X-Strahlen beteiligen, und zwar ist die Intensität aller dieser falschen Strahlungsherde gegenüber der des richtigen um so größer, je größer das Vakuum oder die Schlagweite der Röhre ist.

[1]) Alle hier gemachten Ausführungen vgl. Mitteilung 3 von Röntgen.

Ich selbst konnte durch meine sehr zahlreichen Lochkameraaufnahmen zeigen, daß der Brennfleck der Antikathode bei harten Röhren immer größer ist, und daß vor allem stets mit der allmählich zunehmenden Härte und Belastung jeder einzelnen Röhre der Brennfleck wächst.

Aus diesen gewichtigen Beobachtungen folgt ohne weiteres, daß man je nach der Dicke und Durchlässigkeit des Objektes sehr weiche, weiche, mittelharte, harte oder sehr harte Röhren verwenden wird, zumal man bei seinen verschiedenartigen Aufnahmen und Durchleuchtungen eine Reihe von Röhren vorrätig haben muß, um immer gewappnet zu sein; es gibt da natürlich alle möglichen Abstufungen. Um die Strahlenqualität einer Röhre jederzeit messen zu können, ist man dazu übergegangen, Apparate zu konstruieren, die im nächsten Kapitel Erwähnung finden sollen.

Gleichfalls durch Röntgen war festgestellt, daß eine harte Röhre (auch wenn sie mit einer weichen Röhre auf gleiche Helligkeit des Fluoreszenzschirmes eingestellt war) die photographische Platte beträchtlich weniger als die weiche zu schwärzen imstande ist. „Die Bestrahlungen, die gleiche Intensität der Fluoreszenz erzeugten, wirkten photographisch verschieden."

„Bei der Beurteilung dieses Resultates darf man nicht außer Betracht lassen, daß weder der Fluoreszenzschirm noch die photographische Platte die auffallenden Strahlen vollständig ausnutzen; beide lassen noch viele Strahlen hindurch, die wieder Fluoreszenz bzw. photographische Wirkungen hervorrufen können."

Wir sehen aus alledem, daß das Durchdringungsvermögen der Röntgenstrahlen mit der Schlagweite der Röhren wächst, daß aber die chemische Wirksamkeit mit der Schlagweite der Röhren abnimmt, wenigstens einer photographischen Platte gegenüber. Denn mit Recht hebt Hausmann auf Grund ihrer Untersuchungen hervor, daß die chemische Wirksamkeit der harten Röhren nicht absolut kleiner ist als diejenige der weichen Röhren; sie ist nur geringer in bezug auf eine einzige Bromsilberschicht.

Wichtig ist, daß sich jede Röhre allmählich verändert. Eine Röhre, die z. B. bei der Verwendung eines Stromes von 8—15 cm Funkenlänge die schöne charakteristische Teilung zeigt und brauchbarste Röntgenstrahlen liefert, wird im Gebrauche nach und nach härter; mit anderen Worten, ihre Evakuation steigt, und es muß eine höhere sekundäre Energie aufgewandt werden, um mit ihr weiterarbeiten zu können.

Die Hauptschuld an der zunehmenden und sich festsetzenden Selbstevakuierung trägt wohl die langsame Zerstäubung der Antikathode; durch die minimalen losgerissenen und in den inneren Röhrenteilen sich festsetzenden Platinteilchen werden Gasteilchen gebunden und dem Vakuum der Röhre entzogen. Außerdem wird durch die elektrostatische Ladung

der Röhrenwandung, besonders im Bereich der Kathode, während des Stromdurchgangs Gasgehalt gebunden, während gleichzeitig durch die Erhitzung der Röhre Gasteilchen, die im Röhreninnern gebunden liegen, frei werden. Die letzten beiden akuten Prozesse (Freiwerden und Gebundenwerden von Gas im Röhreninnern) müssen sich bei der jedesmaligen Benützung der Röhre das Gleichgewicht halten. dann ist die Röhre für ihren derzeitigen Evakuationszustand richtig belastet und hält sich konstant. Schickt man in die Röhre zu wenig Strom, so bleibt die genügende Erwärmung aus, es geht durch die elektrostatischen Ladungen die Gasmenge zurück; mit anderen Worten: Unterbelastung härtet die Röhre akut. Gibt man umgekehrt der Röhre zu viel Strom, so überwiegt die Erhitzung und es wird zu viel Gas frei: Überlastung macht die Röhre akut weich. Dabei ist aber zu betonen, daß eine ganz kurze Überlastung, wie bei den Momentaufnahmen. von der Röhre gut vertragen wird, während eine zu lange dauernde Überlastung die Röhre auch chronisch weich, eventuell zu weich für weiteren Gebrauch macht. Eine langdauernde oder oft wiederholte Unterbelastung härtet die Röhre chronisch, und zwar noch schneller als der normale Gebrauch.

Wir betonen aber, daß die schöne rein violette Verfärbung der Glaswand in der Antikathodenhälfte ein ganz normaler und mit der Länge der Zeit erwünschter Vorgang ist, weil das zur Röhre verwandte Glas mit der Menge der durchfallenden Röntgenstrahlen immer mehr violett gefärbt wird. Dagegen ist die oben geschilderte Metallzerstäubung auf der inneren Röhrenwandung ein schädlicher und möglichst zu unterdrückender Vorgang.

Wildt hat in recht plausibler Weise den Schließungsstrom als Hauptursache der fehlerhaft schnellen Erhöhung des Vakuums angesprochen. Er geht von der früher von mir bekannt gegebenen Tatsache aus, daß ein Umkehren des Stromes die Röntgenröhre schnellstens härter macht, und schreibt: „Leitet man den Strom des Induktors einige Augenblicke in umgekehrter Richtung durch eine Röntgenröhre, macht also die Anode zur Kathode, so findet man bei späterer richtiger Schaltung das Licht der Röhre bedeutend durchdringender, die Röhre ist härter geworden. Was also im Gebrauche nur langsam erfolgt, hat man hier in einigen Augenblicken herbeigeführt. Für beides läßt sich nun eine gemeinsame Ursache finden."

„Die Induktionsströme sind Wechselströme, und was wir Anode und Kathode nennen, bezieht sich nur auf den weit überwiegenden Öffnungsstrom. Der Schließungsstrom ist dem fast nur in Betracht kommenden Öffnungsstrom entgegengesetzt, macht also für einen Augenblick die Anode zur Kathode, d. i. er hat dieselbe Wirkung, wodurch wir eben im Experiment ein rasches Härterwerden der Röhre

erzielten. Der Schließungsstrom ist demnach die Ursache der Erhöhung des Vakuums. Da derselbe nur schwach ist, so wird durch seine Wirkung das Hartwerden der Röhren im Gebrauche auch nur langsam, aber unausbleiblich erfolgen."

Auch Walter steht auf dem Standpunkt der hohen Schädlichkeit des Schließungsstromes. Er sagt: „Diese Platinzerstäubung findet einmal sogar während des regelrechten Stromdurchganges durch die Röhre statt, aus Gründen, die ich schon früher einmal (Bd. II der Fortschritte a. d. Geb. d. Röntgenstr., S. 149) näher erörtert habe, und die ich hier um so weniger zu wiederholen brauche, als wir gegen diesen in der Natur der Sache liegenden Übelstand jedenfalls kaum durch eine andere Betriebsweise der Röhre etwas ausrichten dürften. Zweitens wird aber eine Zerstäubung des Platins der Antikathode auch dann stattfinden, wenn wir durch eine fehlerhafte Schaltung unserer Apparate dem sekundären Schließungsstrome des Induktors eine so hohe Spannung geben, daß er das Vakuum der Röhre zu durchschlagen vermag. Für diesen Strom nämlich wird die Antikathode der Röhre direkt zur primären Kathode, ein Umstand, mit dem bekanntlich stets eine sehr lebhafte Zerstäubung des Platinmetalles derselben verbunden ist. Auf die Vermeidung dieser letzteren Möglichkeit haben wir daher im Interesse der Haltbarkeit unserer Röhren sowohl bei der Konstruktion wie auch beim Betriebe des Induktors die größte Aufmerksamkeit zu richten."

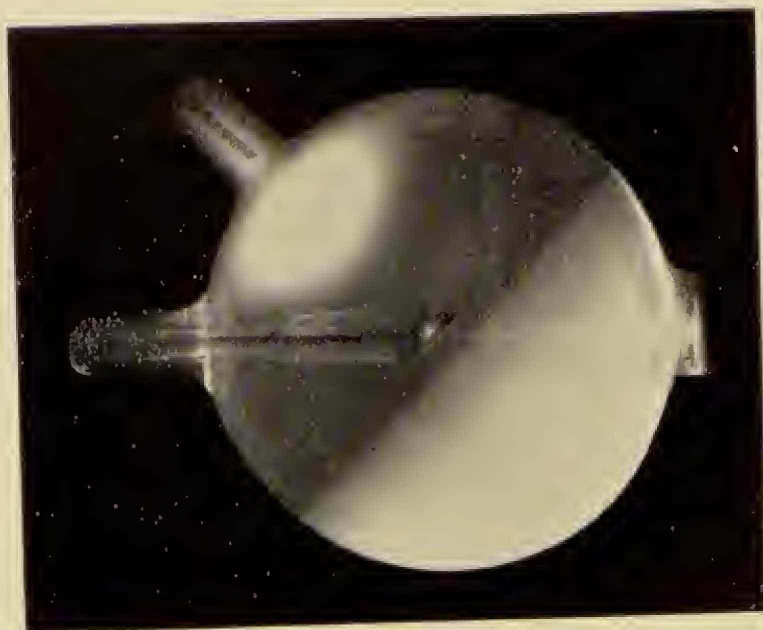
Hierbei muß man sich gegenwärtig halten, daß es nicht der Schließungsstrom als solcher ist, der sich so schädigend verhält, sondern der Schließungsstrom, weil er dem die Röhre erregenden Hauptstrom entgegengesetzt ist; also nicht die Qualität des Schließungsstromes, der z. B. beim Grisson-Apparat ausschließlich verwendet wird, sondern nur seine Gegensätzlichkeit zum Öffnungsstrom beim Induktorbetrieb ist das Störende.

Röntgenröhren, die im Betrieb Gegenlicht (also in unserem Falle Schließungslicht) zeigen, sei es wegen fehlerhafter Konstruktion des betreffenden Röntgenapparates oder der betreffenden Röntgenröhre, haben ein ganz typisches Aussehen. Von der Antikathode und Anode gehen massenhaft Kathodenstrahlen aus, so daß es an der gegenüberliegenden Glaswand einen oder mehrere teilweise runde und ringförmige grüne Phosphoreszenzflecke gibt. Ferner tritt ein streifenförmiges und geflecktes Aufleuchten der Glaswand in der hinteren, sogenannten Anodenhälfte der Röhre ein, die Metallklötze der Antikathode markieren sich in der Glaswand, kurz die schöne gleichmäßige Eleganz der Röhre, ihre grüne Harmonie ist für den Kennerblick verschwunden.

Sehr richtig weist Dessauer darauf hin, daß man mit den Schließungslichtflecken nicht Leuchterscheinungen verwechseln darf, die bei

älteren härteren Röhren auftreten als eigentümliche, in der Regel kleine, manchmal ein wenig sich verschiebende Leuchtflecken, die sich oft am

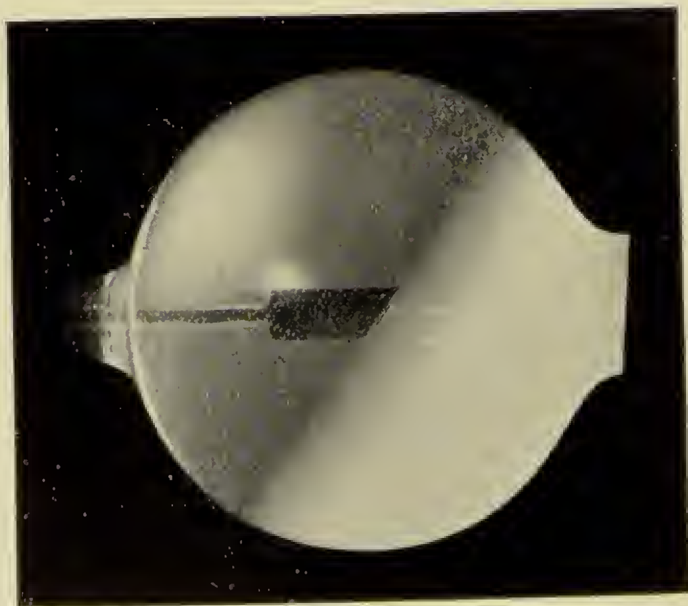
Fig. 58.



Weiche, gut geteilte Röhre.

Kathodenhals oder auch an anderen Stellen der Glaswand hinziehen. Ich habe hierauf ebenfalls schon vor langen Jahren aufmerksam gemacht; die Mittel zur Beseitigung dieser durch statisch-elektrische Ladungen

Fig. 59.



Harte, gut geteilte Röhre.

entstandenen Zuckleuchterscheinungen finden sich im zweitfolgenden Kapitel über Vakuumregulierung.

Aus dem vorhergehenden ergibt sich von selbst, daß es nicht angebracht ist, je nach der Größe des Induktoriums die Röhren auszuwählen

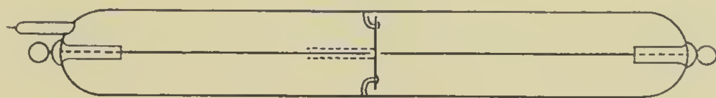
und etwa, wenn ein Induktor von 50 cm Funkenlänge zur Verfügung steht, Röhren anzuschaffen, die zu ihrer Erregung diese Funkenlänge gebrauchen. Vielmehr ist unbedingt zu empfehlen, stets weiche Röhren zu nehmen mit einem für 8—15 cm Funkenlänge passenden Vakuum. Dasselbe erhöht sich bei reichlichem Gebrauch doch schnell genug. Eine Röhre, die von Anfang an erst bei 30 cm Funkenlänge brauchbare Röntgenstrahlen liefert, ist ein totgeborenes Kind. Wenige Aufnahmen und Durchleuchtungen genügen, um die Röhre nur noch durch künstliche Mittel am Leben zu erhalten, aber auch diese versagen bald.

Röhrenprüfung.

Wir haben verschiedene Methoden, um die Röntgenröhre auf ihre Güte und Brauchbarkeit hin zu untersuchen. Denn wir sehen es einmal der Röhre nicht ohne weiteres an, ob dieselbe scharf zeichnet, anderseits dokumentiert sich das Gegenschließungslicht oft so wenig, daß man der Röhre äußerlich nichts anmerkt.

Um ein Instrumentarium und eine Röhre auf fehlerhafte Gegenströme zu untersuchen, benutzen wir z. B. die sogenannte *Glimmlichtröhre*, deren inneren Bau nach *Ruhmer*-Berlin die Fig. 60 zeigt. Beide Aluminiumelektroden sind axial in die Röhre eingeschmolzen. Die freien Elektrodenenden sind nur 1—2 mm voneinander entfernt und durch eine dünne an der Röhrenwandung befestigte kleinere Platte aus isolierendem Material, z. B. Glas oder Glimmer getrennt, damit sich zwi-

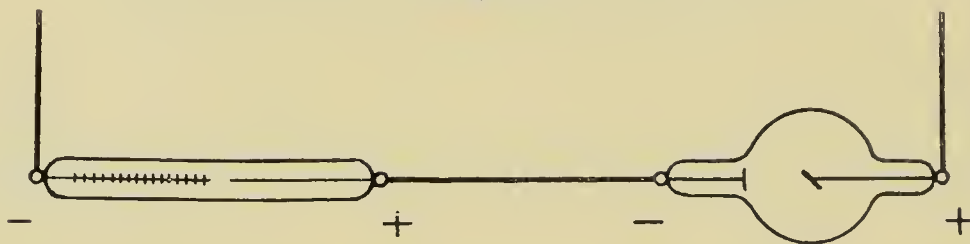
Fig. 60.



schen den Elektroden keine Lichtbogenentladung bilden kann, die die Gesetzmäßigkeit des Glimmlichts stören würde. Die Röhre, Glimmlichtoszilloskop genannt, ist bis auf ein Vierhundertstel des gewöhnlichen Luftdrucks ausgepumpt. Wird die Glimmlichtröhre zwischen die eine Polklemme und die Röntgenröhre probeweise eingeschaltet, so wird sich die eine und zwar die negative Elektrode (jedesmal die der Kathode in der Röntgenröhre entsprechende) mit einem bläulich-violetten, einige Millimeter dicken Glimmlicht umgeben, welches von dem mittleren Elektrodenende ab gerechnet proportional der jeweiligen Stromenergie an Länge und Leuchtkraft zunimmt, während die andere Elektrode, die Anode, ganz dunkel bleibt; nur an ihrem medialen Ende wird ein kleines Lichtpünktchen sichtbar. Passieren aber die Röhre auch Gegenströme, so sehen wir das Glimmlicht auch an dem Anodenende mehr oder weniger

lang leuchten. Ruhmer hat die Röhre mit einer von der Mitte nach beiden Seiten ziehenden Skala armiert, so daß man die Glimmlichtlänge und so bis zu einem gewissen Grade die Maximalwerte der sekundären Stromimpulse direkt in Zahlen ablesen kann. Betrachtet man die Glimmlichterscheinungen im rotierenden Spiegel, so sieht man die zeitlich aufeinander folgenden Phasen des Stromverlaufs räumlich nebeneinander. Die Umgrenzungslinie der hellen Spiegelbilder des Glimmlichts gibt, wie Ruhmer ausführt, direkt die Stromkurve. Reguliert man die Umdrehungsgeschwindigkeit des Spiegels derart, daß die Bilder im Spiegel stillzustehen scheinen, so kann man dieselben leicht mit jedem photographischen Apparat aufnehmen, da das Glimmlicht der Röhre stark aktivisch wirkt. Mit lichtstarken Objektiven können die Stromkurven auch kinematographisch aufgenommen werden, am einfachsten, indem man eine geeignete Kassette mit einer in Nuten geführten freifallenden Platte benutzt. Dazu wird die Glimmlichtoszilloskopenröhre horizontal

Fig. 61.



gelegt[1]). Ein Beispiel derartiger kinematographischer Aufnahmen haben wir im Kapitel über den Idealapparat gesehen (vgl. S. 91, Fig. 52).

Wie wir schon im vorhergehenden mehrmals betont haben, hängt das scharfe Zeichnen einer Röntgenröhre, wenn sonst alles bei der Aufnahme in Ordnung ist, von dem Zustande des Brennflecks ab. Wie der Brennfleck zustande kommt, soll die folgende schematische Zeichnung (Fig. 62) nochmals dartun:

Die von dem Hohlkugelspiegel der Kathode senkrecht ausgehenden Kathodenstrahlen vereinigen sich im Krümmungszentrum des Hohlspiegels zu ihrer engsten runden Einschnürung, um sich dann wieder auszubreiten. Im Krümmungszentrum liegt die Antikathode mit ihrer platinierten Vorderfläche, damit der Brennfleck der Kathodenstrahlen (gleich der Ausgangsstelle der Röntgenstrahlen) möglichst klein ist. Wäre wie bei A_1 auf beistehender Zeichnung die Antikathode senkrecht gestellt zur Kathodenachse, so würde aus der eingeschnürten Kathodenstrahlung ein runder Brennfleck durch die Antikathode herausgeschnitten werden; bei der üblichen Winkelstellung von 45° resultiert indessen ein ovaler

[1]) Ein zu diesem Zweck geeignetes Stativ, die geeigneten Kassetten, rotierenden Spiegel, die Röhren selbst in verschiedener Anordnung liefert: Ruhmer, Physikal. Laboratorium, Berlin SW 48, Friedrichstr. 248.

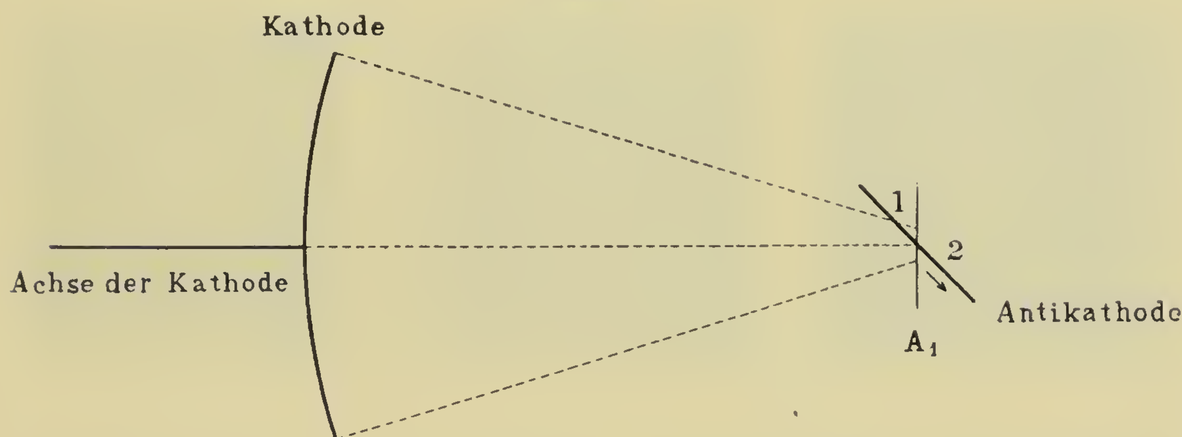
Brennfleck. Die Lochkamera ist nun ein ausgezeichneter Apparat, mit Hilfe dessen man sich ein genaues Abbild des Brennflecks verschaffen kann.

Die Kamera ist aus starkem Eisenblech hergestellt. Der obere Boden hat in seiner Mitte einen runden Ausschnitt, auf welchen Diaphragmata verschiedener Größe röntgenlichtdicht aufgeschoben werden können. Die vordere Wand der Kammer ist nach außen aufklappbar. Die Scharniere und der Verschluß sind so eingerichtet, daß ein bequemes Öffnen und ein bequemer röntgenlichtdichter Abschluß der ganzen Kamera gewährleistet ist.

An der hinteren Außenwand ist ein senkrechter Arm angebracht, der den nach allen Richtungen verschieblichen Halter trägt zum Festhalten der Röhren in jeder gewünschten Stellung und Entfernung.

Im Innern der Kamera befindet sich ein viereckiger Holztisch zur Aufnahme der Platte. Dieser Holztisch kann mittels einer kräftigen

Fig. 62.



langen Schraube, die unterhalb des Kammerbodens in einem Drehhandrad endet, vom Boden bis zum Deckel hoch oder abwärts geschraubt werden.

Der Vorgang einer Lochkameraaufnahme ist folgender:

Auf dem Röhrenhalter liegt eine Röhre. Das Antikathodenblech ist in einer gewünschten Stellung zur Tischplatte in der Kamera gerichtet. Die Entfernung zwischen Antikathodenblech und Blendenloch wird genau gleich genommen der Entfernung zwischen Blendenloch und Plattenoberfläche (gewöhnlich = 25 cm).

Führen wir nun eine Lochkameraaufnahme aus, so zeigt uns die photographische Platte, nachdem sie in frischem Entwickler gut durchentwickelt ist, ein genaues Abbild des kleinen Abschnittes des Antikathodenbleches, welches Röntgenstrahlen aussendet, also der Röntgenlichtquelle.

Auf der fertig entwickelten Platte sehen wir

1. einen ovalen, besonders im Zentrum intensiv geschwärzten Fleck;

2. eine weitere, geringere, besonders nach der einen Seite sich aufhellende Schwärzung, die ich Protuberanzenschwärzung genannt habe.

An der Stelle nämlich, wo die Kathodenstrahlen zunächst, also näher der Kathode (bei der Zahl 1 der Fig. 62) auftreffen, wird der Brennfleck scharf umgrenzt, auf dem Platinspiegel abwärts (bei 2) hellt sich der Fleck mehr und mehr auf, und es schließt sich, wie aus der Fig. 64 ersichtlich, eine Protuberanzenschwärzung an, die in einem größeren Oval die untere Hälfte des eigentlichen Brennflecks umgibt (in den Figuren 63a, b, c oben).

Welcher Effekt tritt nun ein, wenn ich die Röhre derart stelle, daß einmal die Antikathode parallel zur photographischen Platte steht und das andere Mal ganz steil?

Darüber gibt eine einfache Überlegung und ein Blick auf die beiden so hergestellten Lochkameraaufnahmen Fig. 63a und 63b Aufschluß. Das erste Mal sehen wir nämlich den Brennfleck in seiner ganzen langoval ausgezogenen Größe, das zweite Mal in einer starken Verkürzung,

Fig. 63.



a b c

mehr queroval gestaltet. Bei einer Stellung der Antikathode im $\angle$ von 45—60° zur photographischen Platte resultiert der schöne, mehr runde Brennfleck Fig. 63c.

Aus allen meinen diesbezüglichen Lochkameraaufnahmen und auch aus der Praxis erhellt, daß der kleinere und mehr runde Brennfleck schärfer zeichnet. Es ist deshalb geboten, die Antikathode bei Aufnahmen steiler zu stellen.

Aus meinen weiteren Untersuchungen zahlreicher Röhren unter den verschiedensten Betriebsbedingungen ergeben sich noch folgende wichtige Gesichtspunkte:

Der Brennfleck wird größer, wenn

1. die Röntgenröhre ein größeres Volumen hat;
2. die Röntgenröhre härter wird oder von vornherein härter ist;
3. die Röntgenröhre zu stark belastet wird;
4. die Röntgenröhre zu starke kapazitive elektrische Aufladungen ihrer Wandung aufweist.

Der Brennfleck wird irritiert und bewegt sich, wenn

1. die Röntgenröhre dem Induktor zu nahe steht;

2. in der Röntgenröhre Kathode oder Antikathode nicht unverrückbar fest stehen;

3. die Antikathode isoliert steht, indem nur die Anode an den positiven Pol angeschlossen ist;

4. im sekundären Stromkreis außerhalb der Röhre noch ein Funkenausgleich stattfindet in einer Funkenstrecke oder um die äußere Röhre herum;

5. die Belastung der Röhre oder ihre Qualität wesentlich während einer Aufnahme geändert wird;

6. die Röntgenröhre viel Schließungslicht aufweist oder sonst fehlerhaft gebaut ist.

Dieses Tanzen des Brennflecks sieht man gut in der Lochkamera, indem man an Stelle der photographischen Platte einen kleinen Fluoreszenzschirm legt. Der Brennfleck wird dann direkt oder noch besser mit einer Lupe beobachtet. Das Tanzen des Brennflecks hat natürlich gleichzeitig eine wirkliche Vergrößerung des Brennflecks und eine unscharfe Aufnahme zur Folge.

Der Brennfleck ist dagegen klein und wird verkleinert, wenn man alle die eben geschilderten Übelstände vermeidet, besonders

1. bei kleineren Röhrenmodellen;

2. bei weichen Röhren;

3. bei richtiger Belastung der Röhre;

4. beim richtigen Einschalten von Drosselröhren.

Außer der Lochkamera haben wir noch in dem von Walter konstruierten sogenannten Fokometer ein Instrument, mit dem wir uns indirekt über die Größe und Ruhe des Brennflecks orientieren können.

„Dasselbe besteht in der Hauptsache aus sechs Metalldrähten von einer Dicke von bzw. 0,05, 0,15, 0,30, 0,50, 0,75 und 1,05 mm, welche in gleichem Abstand voneinander quer über einen, in der Mitte einer Bleischeibe von zirka 20 cm Durchmesser angebrachten viereckigen Ausschnitt von 10×21 mm Größe ausgespannt sind. Auf die eine Seite der Scheibe ist ferner ein 10 cm langes Rohr und auf die andere ein 25 cm langes Rohr aufgesetzt, in welchem letzteren — 20 cm von den Drähten entfernt — ein Bariumplatincyanürschirm mit Bleiglasschutz angebracht ist. Setzt man nun das kurze Rohr unmittelbar auf die Glaswand der zu untersuchenden Röhre auf — zum Schutz der letzteren ist am Rohrende ein weicher Flanellring befestigt —, so wird man von den in der Mitte der Scheibe liegenden Drähten auf dem weit dahinter liegenden Schirm eine um so größere Zahl sehen, je schärfer der Brennfleck der Röhre ist, so daß also die Zahl der sichtbaren Drähte direkt als ein Maß der Schärfe der Zeichnung der Röhre gelten kann.“

Ähnlich ist der Gebrauch des Fokometers von Dessauer, in welchem sechs gleich dicke Bleidrähte in verschiedenem Abstand von der

Röhre angeordnet sind. Je mehr Drähte auf dem Schirm gesichtet werden, um so schärfer zeichnet die Röhre.

Demjenigen, der über die beiden letztgenannten Meßapparate (Lochkamera oder Fokometer) nicht verfügt, ist anzuraten, zur Prüfung der Scharfzeichnung einer neuen Röhre eine Probeaufnahme vorauszuschicken. Über die in der üblichen Weise durch Einwickeln in doppeltschwarzes Papier und durch Einlegen in eine Kassette geschützte photographische Platte wird eine etwa 10 cm dicker Holzklotz gelegt und auf diesen einige feinere und dickere Nadeln. Die verschieden scharfe Zeichnung der Nadeln auf der belichteten und entwickelten Platte gibt dann ebenfalls ein Maß für die Güte des Brennflecks.

Behandlung der Röhren.

Die Röntgenröhren sind teuer. Sie müssen aber nicht allein des hohen Preises wegen, sondern vor allen Dingen ihrer guten Funktion wegen sorgsam und liebevoll behandelt werden. Fangen wir von außen an.

Der Anschluß an den Induktor erfolgt, wie wir wissen, durch Drähte, deren Enden zu Häkchen umgebogen sind oder aus kleinen Karabinerhaken bestehen. Dieselben werden in die beiden Ösen der Kathode und Anode der Röhre eingehängt. Es muß nun dringend zur Vorsicht beim Einhängen in die Ösen gemahnt werden, da bei allen Röhren mehr oder weniger leicht ein Abbrechen derselben, respektive ein Loslösen vorkommt, wodurch die Röhre ja nicht gerade unbrauchbar wird, die Störung ist aber doch unangenehm.

Bei der Aufbewahrung der Röhren hat man darauf zu achten, nicht durch zu kräftiges Aufschlagen derselben die Glaswand irgendwie zu schädigen; desgleichen soll man beim Anschrauben im Stativ mit nur mäßiger Kraft verfahren, um dieselbe nicht zu zerdrücken. Daß die äußere Röhrenwandung sauber, frei von Staub oder Feuchtigkeit sein soll, braucht eigentlich nicht besonders betont zu werden. Als praktisch hat es sich uns erwiesen, zum Putzen der Röhre nicht ein Tuch, Leder usw. zu benutzen, sondern einfach die trockene Hand, mit der man am schnellsten und besten zum Ziele kommt. Vorteilhaft in jeder Beziehung ist es, die Röhren im Röntgenzimmer selbst aufzubewahren, da sonst durch den Temperaturwechsel das Röhrenäußere mit Feuchtigkeit beschlägt. Daß überhaupt die Temperatur und der Feuchtigkeitsgehalt der Luft einen Einfluß haben auf das richtige Funktionieren des Entladungsapparates, ist eine bekannte Tatsache. Mittlere Temperatur und mittlerer Feuchtigkeitsgehalt sind am günstigsten, am ungünstigsten ist sehr feuchte Luft; man kann dann der Röhre etwas helfen, wenn man ganz leicht mit einer Gasflamme über das ganze Röhrenäußere hinübergleitet, während ein mäßiger Strom sie passiert.

Die trockene und saubere Röhre soll in gehörigem Abstand, und zwar mindestens $1^1/_2$—2 m entfernt vom Induktor vorsichtig im Röhrenhalter befestigt werden. Dann werden ebenso vorsichtig und in richtiger Schaltung die vom Induktor kommenden Drähte in die Röhrenösen eingehängt. Bei Verwendung eines Motorquecksilberunterbrechers wird nunmehr der Motor mit mittlerer Geschwindigkeit eingeschaltet, desgleichen wird die Stromschließungsdauer in mittlerer Länge eingestellt. Bei vorgeschaltetem Widerstand erfolgt jetzt mittels des Hauptschalters die Einschaltung des Stroms. Es müssen nun sofort die Unterbrechungen regelmäßig einsetzen, damit der sekundäre Strom die Röhre passiert und die exakten Fluoreszenzerscheinungen im Röhreninnern einsetzen.

Bei Benutzung des Wehnelt-Unterbrechers verfahren wir folgendermaßen. Wir erinnern uns dazu an unsere genauen diesbezüglichen Ausführungen S. 77 ff.; gemäß des dort gegebenen Schemas wählen wir also zunächst die Schaltung I.

Zeigt sich bei der Beobachtung der Röhre irgend etwas Auffallendes, ist sofort der Strom auszuschalten und alles noch einmal zu kontrollieren.

Es ist nun von größter Wichtigkeit, die Röhre ihrem Zustand entsprechend möglichst normal zu belasten (vgl. S. 114), d. h. der Strom soll nach Intensität, Spannung und Unterbrechungszahl so angepaßt werden, daß die Röhre gerade das gewünschte beste Röntgenlicht gibt; dazu muß äußerlich die gleichmäßige Teilung der Röhre, keine Fleckbildung, kein Flackern und ein schönes, helles, grünes Leuchten der Antikathodenhälfte eintreten.

Ein äußeres Zeichen dafür, daß die Röhre nicht genügend belastet ist, ist die wenig ausgesprochene Differenzierung der beiden Röhrenhälften; die Teilung ist nicht in die Augen fallend, das Fluoreszenzlicht im Antikathodenvorraum hat nicht den scharfen, hellen, übergrünen Glanz; wir bemerken ein Flackern im Röhreninnern, die Zeiger der Meßapparate im primären und sekundären Stromkreis wechseln unruhig ihren Platz, die Röhre wird härter.

Auf dem Fluoreszenzschirm ist diese Unterbelastung sofort kenntlich. Bei weicheren Röhren erscheint z. B. das Bild der Hand zu dunkel, die Knochen sind kaum darin zu sehen usw. Bei härteren Röhren kommt es überhaupt nicht zur Darstellung eines wirklichen Handbildes, wir sehen alles gleichsam verwischt und verschwommen.

Man korrigiert diesen Fehler durch Ausschalten von Widerstand, durch Verlängerung der Stromschlußdauer, durch Verlängern des Anodenplatinstiftes beim Wehnelt, eventuell durch Schwächen der Selbstinduktion.

In den meisten Fällen wird aber der umgekehrte Fehler gemacht. Der Anfänger und auch der Kenner überlastet leicht und gern die Röhren etwas. Das Fluoreszenzlicht wird dann grellgrün, der Platinspiegel glüht schnell und stark; durch den zu hohen Hitzegrad verringert sich das

Vakuum; dadurch steigt die Überbelastung im Verhältnis noeh mehr, der Zeiger des Milliamperemeters steigt, schließlich schmilzt der Platinspiegel im Zentrum seines Brennfleekes dureh.

Konstatieren wir also eine gefährliche Überlastung, so werden wir schnellstens Widerstand einsehalten; die Stromsehlußdauer wird verringert, der Wehnelt-Stift zurüekgedreht oder die Selbstinduktion erhöht.

Die Beurteilung der richtigen Belastung, aueh ohne Sehirmkontrolle, ist natürlich Saehe der Erfahrung. Es ist Anfängern anzuraten, das Röntgenzimmer zu verdunkeln und im allgemeinen so viel Strom zuzuführen, bis die Röhre ihr sehön geteiltes ruhiges Aussehen hat und das Milliamperemeter im sekundären Stromkeis eine ruhige Zeigerstellung aufweist. Übung und Erfahrung spreehen hier das letzte Wort.

Sehr riehtig haben Wertheim-Salomonson und Dessauer die Röntgenröhre einen Energietransformator genannt. Wenn wir mehr Stromenergie in die Röhre hineinschicken, so erhalten wir aueh in der Zeiteinheit eine größere Röntgenstrahlenwirkung, die Strahlung wird aueh gleiehzeitig härter. Für Moment- und Sekundenaufnahmen wird diese Überbelastung aueh von unseren eigens für höehste Strombelastung gebauten Röhren ohne Sehädigung ertragen, für Zeitaufnahmen ist aber diese Überbelastung der Röhren äußerst sehädlieh und maeht sie zunächst zu weieh mit dem Endeffekte der schon besehriebenen übersehnellen Härtung.

Wir haben wiederholt aueh von äußeren Besehädigungen der Röhren gesproehen, daß nämlich die Röhrenwandung von Funken durehschlagen wird oder sonstige Läsionen dureh mechanisehen Druek oder Sehlag erleidet. Immer findet man dann bei genauem Absuehen der Glaswand einen kleinen Sprung, dureh den die Luft von außen Eingang gefunden hat. Der Ausgleieh der Elektrizitäten findet entweder in Funken oder, wenn noch eine gewisse Luftleere erhalten ist, in einem blauvioletten Bande statt, derart, wie wir es am Anfang dieses Kapitels besehrieben haben. Solehe Röhren sind natürlich vollkommen unbrauchbar. Meist lohnt es sich weder hier noeh bei zu hoeh gewordenem Vakuum, die entsprechende Korrektur vornehmen zu lassen. Ist man im Zweifel, ob eine Röhre reparierfähig ist, so sehieke man sie an die betreffende Röhrenfabrik zur Untersuchung und eventuellen Erneuerung.

Die Regulierung der Röntgenröhre.

Im längeren sachgemäßen Gebraueh wird die Röntgenröhre mit ihrer sehön violetten Glasfärbung, aber möglichst ohne die dünne Metallzerstäubungssehieht in der Antikathodenhälfte immer widerspenstiger. Das Gas wird dureh den regelmäßigen Stromdurehgang an allen inneren Röhrenteilen normalerweise und in den festgefahrenen Metallstäubehen

schädlichst gebunden, und dadurch wird die Röhre so gasarm, daß auch die starken Ströme unserer heutigen Intensivapparate dieselbe nicht mehr zum Ansprechen bringen; oder die entstehenden Röntgenstrahlen sind wenigstens so hart, so durchdringend, wie wir sie im allgemeinen nicht gebrauchen.

Einige Mittel sind nun imstande, diesen unliebsamen Störungen für Zeiten abzuhelfen. Wir haben hierfür zur Verfügung: 1. äußere Maßnahmen, welche ohne Benutzung des elektrischen Stromes den Gasinhalt und die elektrostatischen Ladungen der Röhrenwandungen beeinflussen, und 2. elektrische Maßnahmen, welche mit Hilfe des elektrischen Stromes auf den Gasinhalt oder die Leitfähigkeit des Röhreninneren wirken.

Die äußeren Maßnahmen sind:

1. Erhitzung der Glaswand, hauptsächlich im Bereich der Kathode;
2. Erhitzung der ganzen Röhre im Trockensterilisator;
3. Feuchte Packung um die Kathode;
4. Erwärmung von Ätzkali, Kohle oder Glimmer, das in einem kleinen Röhrenfortsatz placiert ist, mit der Flamme.
5. Zuführung von Wasserstoff durch Osmose;
6. Zuführung von atmosphärischer Luft;
7. Ruhe.

Als elektrische Maßnahmen haben wir zur Verfügung:

1. Die Einwirkung des die Röntgenröhre passierenden sekundären Stromes auf Materialien wie Glimmer, Kohle, Aluminium usw.
2. Die Erhöhung der Leitfähigkeit des Röhreninneren ohne direkte Veränderung des Gasinhaltes der Röhre.

Äußere Maßnahmen.

Zunächst ist die Erwärmung der Röhre für unsere Zwecke sehr dienlich. Die Erwärmung führen wir aus mit einem aus Glas hergestellten Hahn, der mit der Gasleitung durch einen Schlauch verbunden ist, oder mit einer Spirituslampe; indessen ist dabei Vorsicht geboten, da man die Anwärmung möglichst vornimmt, während der Strom die Röhre passiert. Am besten sind die eigens für diese und ähnliche Zwecke hergestellten Spirituslampen, die an einem langen Hartgummistab befestigt sind.

Dabei ist folgendes zu beobachten. Einmal soll der Strom, den man während der Anwärmung durch die Röntgenröhre schickt, schwach sein: dann hat man übereinstimmend gefunden, daß die Erwärmung des Anodenfortsatzes und der Kugel selbst einen nicht annähernd so schnellen Einfluß auf die Röhrentätigkeit ausübt, als die Erwärmung des zylindrischen Röhrenteils, der den Kathodenhohlspiegel umgibt. Diese Tatsache weist darauf hin, daß es sich an erster Stelle um Beseitigung der besonders in der Umgebung der Kathode befindlichen elektrostatischen Ladungen und

eine bessere Ionisierung des Kathodenraumes handelt; wir zweifeln aber nicht, daß außerdem durch die Erwärmung aus der inneren Röhrenwandung und aus ihrem Platinbelag absorbierte Gasteilchen ausgetrieben werden. (Denselben Zweck verfolgt ja auch die Erhitzung der ganzen Röhre während des Evakuierens). Gleichzeitig findet eine Erwärmung und Ausdehnung der im Röhreninnern noch vorhandenen Lufteilchen statt. Albers-Schönberg erwärmt sogar die Röhren zwecks Regenerierung in einem Trockensterilisator auf 190° bis 200° C., nachdem die Gummiteile von der Röhre entfernt sind. Je nach dem Härtegrad bleibt dieselbe nach Erreichung der Temperatur von 190° $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde im Ofen; dann läßt man sie langsam erkalten. Diese Prozedur kann mehreremal wiederholt werden. Indessen müssen wir hervorheben, daß die Erwärmung nur eine ziemlich schnell vorübergehende Hilfe darstellt. Mitunter ist schon nach einer einzigen anstrengenden Röhrentätigkeit der alte Zustand der zu großen Luftleere wieder da, so daß man von neuem anwärmen muß.

Mit dem zweiten, jetzt zu beschreibenden Mittel wirken wir in nachhaltigerer Weise auf die Röhre ein. Legen wir nämlich um den Kathodenröhrenfortsatz derart, daß gerade der Aluminiumhohlspiegel in Seitenansicht dadurch umschlossen und verdeckt erscheint, einen mit Wasser angefeuchteten Gazestreifen, so erreichen wir gleichfalls in sehr einfacher und zweckentsprechender Weise, daß die vorher nicht mehr brauchbare Röhre wieder wirksam wird. Wir bedienen uns zu diesem Zwecke eines 2 cm breiten, dreifach liegenden Mullstreifens von etwa 30 cm Länge, den wir in Wasser tauchen, gut ausdrücken und dann fest und gleichmäßig um die Kathodengegend wickeln. Man hat das gleiche Ziel zu erreichen gesucht, indem man auf den Kathodenansatz ein Holzrohr schiebt, das durch Glyzerin und seine wasseranziehende Eigenschaft in einem andauernd feuchten Zustand erhalten wird. Die Wirkung dieser Prozeduren hat man sich ebenfalls in einer Beseitigung der elektrostatischen Ladungen der Röhrenwandlung vorzustellen.

Das Regenerieren wird übrigens zum Regulieren, sobald die betreffende Vorrichtung auch bei einer Röhre benutzt wird, die noch funktioniert, die aber wegen zu großer Härte in einen für eine bestimmte Aufnahme passenden weicheren Zustand gebracht werden soll.

Wir kommen damit zum vierten oben gekennzeichneten Regenerierungsmittel, das schon von Crookes bei seinem Experimentieren mit Kathodenstrahlen angewandt wurde; er brachte nämlich in einem Seitenröhrchen Ätzkali unter, das erwärmt mehr oder weniger Wasserdampf ins Röhreninnere freigibt. Röhren dieser Art sind bereits 1897 von C. H. F. Müller-Hamburg als erstem in Deutschland in durchaus vollkommener Weise gebaut worden. Fig. 64 zeigt eine solche, wie wir sie früher mit besten Erfolgen verwendet haben. Die Anode liegt im Kugelteile der Röhre in Gestalt eines Aluminiumringes, so daß die

Kathodenstrahlen durch diesen Ring hindurch auf den als Antikathode dienenden Platinspiegel fallen; die Antikathode ist mit der Anode im Röhreninnern durch einen Draht leitend verbunden. Von dem rechts oben frei emporragenden Abschmelzansatz der Röhre geht ein zweiter kleiner Ansatz E aus, der als Vakuumregulator fungiert. In diesem befindet sich etwas Ätzkali, welches je nach seiner Erwärmung oder Abkühlung etwas Wasserdampf abgibt oder aufnimmt. Die Reguliereinrichtung war eine recht gute, nur mußte man sich erst an dieselbe gewöhnen. Man verfuhr folgendermaßen: Schickt man den Strom langsam ansteigend durch die Röhre, ohne daß sich bei einer gewissen Stromenergie Licht zeigt, so geht man mit dem Rheostaten zurück und streift mit einer etwa 3 cm großen Flamme einigemal über den ganzen Ansatz E hinweg, ohne die Hitze auf einen einzelnen Punkt wirken zu lassen, und wartet etwas. Steigert man nun den Strom wieder, ohne daß der gewünschte Stromdurchgang durch die Röhre eintritt, so wird die Anwärmung in der gleichen Weise wiederholt, bis das Vakuum richtig reguliert ist. Dann schreitet man erst zur Durchleuchtung oder Aufnahme. Im allgemeinen bleibt das Vakuum ziemlich lange auf dem gewünschten Punkte. Sollte die Röhre wieder nachlassen, so gleitet man, ohne den Strom zu verringern, mit der Flamme leicht über den Regulatoransatz hin und her und wird so andauernd ein gutes Licht behalten. Für denjenigen, der mit den heutigen Röhren zu arbeiten gewohnt ist, klingt das alles vielleicht mühsam und zeitraubend, in Wirklichkeit war es aber ganz einfach und binnen kurzem eignete man sich große Sicherheit in der Regulierung an.

Fig. 64.

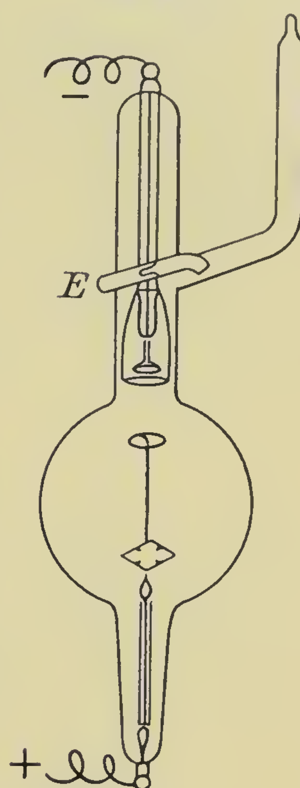
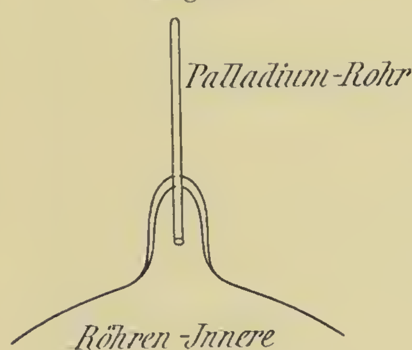


Fig. 65.



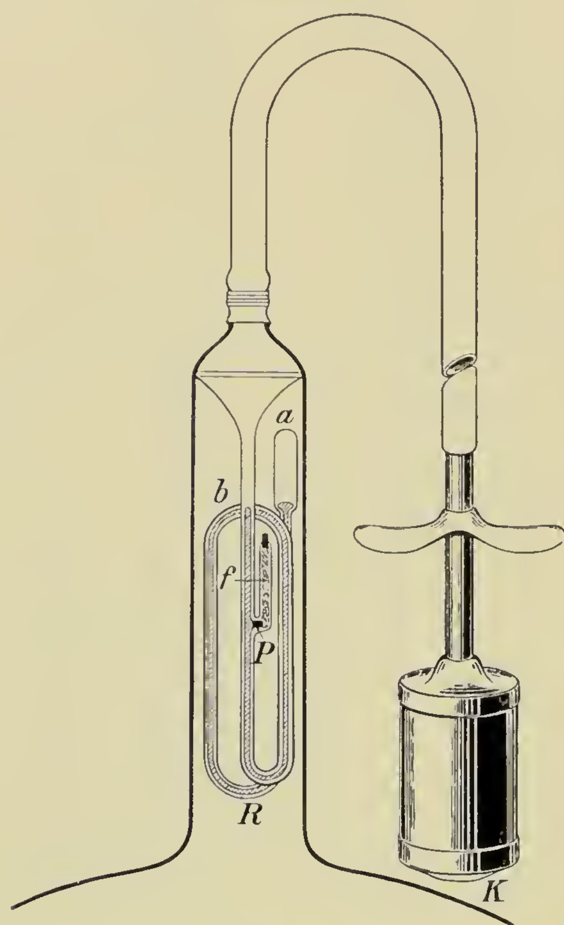
Eine sehr wirksame, von Villard stammende Methode hat G u n d e l a c h ebenfalls schon 1897 in die Röntgenpraxis eingeführt, die Zuführung von Gas in das Röhreninnere durch Osmose. Es befindet sich an dem Kathodenglasfortsatz ein kleiner seitlicher Ansatz; in diesen ist entsprechend der Fig. 65 ein Palladiumröhrchen so eingeschmolzen, daß das offene Lumen desselben in das Innere der Röntgenröhre hineinragt. Erhitzt man mit einer Spiritusflamme im Ruhezustande den freien äußeren Palladiumteil einige Sekunden bis zur Rotglut, ohne daß die Flamme die Glaseinschmelzungsstelle trifft, so nimmt das glühende Palladium aus der

Flamme Wasserstoff auf und gibt besonders beim Erkalten von dem Gas Teile ins Röhreninnere ab. Gerade deshalb muß man nach der Erhitzung eine vollkommene Abkühlung des Palladiumröhrchens abwarten, um erst dann die Röhre zu prüfen und weiter zu benutzen.

Diese Methode hat sich in der Praxis in jeder Hinsicht bewährt.

Nahe lag natürlich der Gedanke, durch eigens konstruierte Hähne der Röhre direkt atmosphärische Luft zuzuführen. Schon in den neunziger Jahren hat sich Levy-Berlin um dieses Problem bemüht, in den letzten Jahren besonders Heinz Bauer. Die sehr sorgsam eingeschliffenen Glashähne bedurften aber, um einen wirklichen luftdichten Abschluß zu gewährleisten, eines Schmiermittels, eines Fettes. Und bei diesen Versuchen stellte sich heraus, daß die notwendigen Abdichtungsmittel gegen das Vakuum des Röhreninnern verdampfen und so zu einer Schädigung der Röhre führen. Auf wirklich geniale und überraschende Weise hat dann Heinz Bauer einen neuen Weg beschritten. Er benutzte dazu die Eigenschaft von Plättchen eines tonartigen Materials, welche für Luft durchlässig, aber für Quecksilber undurchlässig sind. Die Lösung, ein für Röntgenröhren brauchbares Luftventil zu schaffen, war trotzdem schwierig und ist erst nach langen Versuchen gelungen.

Fig. 66.



Die folgende schematische Zeichnung zeigt die Konstruktion. In dem Röhrenansatz ist das doppelt O- und U-förmig gebogene, mit Quecksilber gefüllte Kapillarröhrchen R untergebracht, das bei a verschlossen und bei b mit der durch den Druckknopf K zu betätigenden Druckvorrichtung in Verbindung steht. Bei P befindet sich in der Wand des Röhrchens das poröse, für Quecksilber undurchlässige Tonplättchen; das Kapillarröhrchen aufwärts von P, mit einem Luftfilter armiert, kommuniziert mit dem Innern der Röntgenröhre.

Durch einen Druck auf den Knopf K entsteht in dem Schenkel b des Kapillarröhrchens ein Überdruck, das Quecksilber sinkt bis unter P, so daß das für Luft durchlässige Plättchen P frei wird. Nun wird ein bestimmtes Quantum Luft von dem Vakuum des Röntgenröhreninnern angesaugt, sofort läßt der Druck über der Quecksilbersäule nach, es

steigt und verschließt wieder das Plättchen P. Es muß bei jedem einzelnen Druck, der ein gegebener ist, stets das gleiche, genau bestimmte Quantum gereinigter Luft zur Regenerierung in die Röntgenröhre einströmen.

An Tausenden von Original-Bauer-Röhren und Röhren jeden Fabrikats ist die Güte und Trefflichkeit des Bauer-Ventils ausprobiert; es stellt tatsächlich für die Lebensfähigkeit der Röntgenröhren den großartigsten Fortschritt dar.

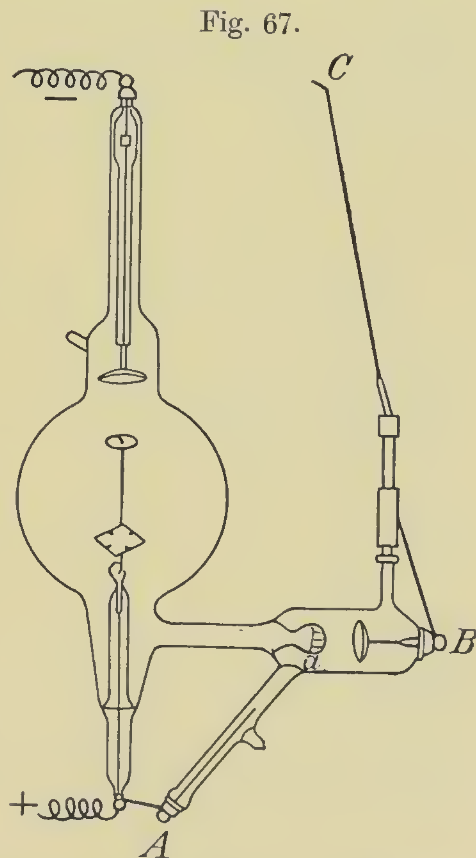
Helfen die vorher geschilderten äußeren Mittel, auch kombiniert, nichts mehr, ist die Röhre mit unseren üblichen Stromenergien nicht mehr in den Gang zu bringen, so hängt man sie am besten an einen stillen Ort und überläßt sie der Ruhe. Mitunter hat man dann früher oder später noch die Freude, daß sich solche Röhre wieder erholt und vorübergehend betriebsfähig wird.

Elektrische Maßnahmen.

Das Charakteristikum der zur ersten Gruppe gehörenden elektrischen Maßnahmen ist, daß durch besondere Konstruktionen der hochgespannte Strom direkt benutzt wird, um durch seine Wirkungen auf irgendwelche im Röhreninnern liegende Stoffe kleinste Gasmengen an das zu hohe Vakuum der Röhre abzugeben.

Um die oben beschriebene, durch äußere Wärme zu entfachende Ätzkaliwirkung durch den elektrischen Strom vorzunehmen und auch selbsttätig sich vollziehen zu lassen, wurden ebenfalls im Jahre 1897 von Müller-Hamburg Röhren mit automatischer Vakuumregulierung konstruiert, wie solche Fig. 67 zeigt.

Fig. 67.



Dieser Entladungsapparat setzt sich zusammen aus zwei Vakuumröhren, der Hauptröhre, die in ihrem Bau vollkommen den sonstigen Röhren gleicht, und aus der Nebenröhre von A—C, die regenerierend auf die Hauptröhre wirkt. Bei A haben wir die Anode, bei B die Kathode der Nebenröhre mit Aluminiumhohlspiegel, die mit dem beweglichen Arm C durch den eingezeichneten Draht in Verbindung steht. Die Antikathode *a* der Nebenröhre besteht aus der Außenfläche einer kleinen Glaskugel, deren Lumen zur Hauptröhre offen ist und Ätzkali enthält, das erwärmt Gas freigibt. Der Gebrauch der Röhre gestaltete sich folgendermaßen: Wir verbinden die +- und —-Elektrode mit dem Induktions-

apparat in der bekannten Art. Wollen wir mit etwa 10 cm Funkenlänge arbeiten, so nähern wir die Spitze C des beweglichen Armes der Nebenröhre der — Öse der Hauptröhre bis auf 5 cm und schicken allmählich ansteigend den Strom durch die Röhre. Sollte das Vakuum zuerst zu hoch sein, so nimmt der Strom seinen Weg durch die weniger evakuierte Nebenröhre, und die Elektrizitäten gleichen sich zwischen C und Hauptkathode in Funken durch die Luft aus. Von dem Kathodenspiegel B gehen hierbei Kathodenstrahlen aus, die sich auf der Außenfläche der kleinen gegenüberliegenden Glaskugel *a* in einem Brennfleck vereinigen. Dadurch findet eine Erwärmung der kleinen Glaskugel und des darin enthaltenen Chemikals statt; dieses gibt der Erwärmung entsprechend Gas in die Hauptröhre frei, bis das Vakuum der Hauptröhre so weit verringert ist, daß der Strom seinen Weg durch diese selbst nehmen kann; sofort hört dann die Erwärmung von der Kathode B her auf, und die Röhre hat sich so selbsttätig dem verwendeten Strom angepaßt. Wird nun während der Röhrentätigkeit das Vakuum der Hauptröhre wieder zu hoch, so geht der Strom von neuem durch die Nebenröhre, wirkt wieder auf das Reagens, reguliert von neuem und so fort. Meist genügt indessen die erste Vakuumregulierung. Man kann diese Röhren für die geringsten Funkenlängen benutzen, indem man C der Hauptkathode beliebig nähert. Wir hatten uns übrigens gewöhnt, bei unseren Aufnahmen so zu verfahren, daß wir die Spitze C immer auf etwa 8 cm heranbogen, und sobald sich die erste Spur von Phosphoreszenzlicht in der Hauptröhre zeigte, unterbrachen wir den Strom, entfernten C nach Belieben und begannen nun mit der Aufnahme.

Bei diesen Röhren kam es besonders bei geringer Übung vor, daß die Erwärmung des Ätzkalis zu intensiv war. Denn Ätzkali ist sehr empfindlich. Deshalb hat man nach anderen Regenerierungsstoffen gesucht und solche in der Kohle und im Glimmer gefunden.

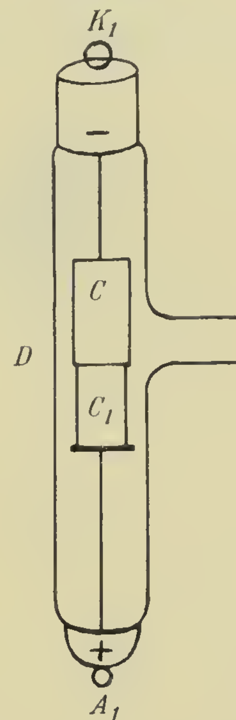
Beide enthalten Gas und Wasser in sich, und zwar gibt die Kohle ihre Gasteile leichter ab als der Glimmer, so daß bei Verwendung von Kohle ein für allemal größere Vorsicht geboten ist.

Doch haben die mit Kohle armierten Regeneriervorrichtungen einen Vorteil. Ein sorgsam bereitetes Stück Kohle ist nämlich bedeutend reicher an Gas als ein gleich großes Stück Glimmer. Außerdem gibt die Kohle im Vakuum auch ohne Erhitzung fortgesetzt minimale Gaspartikel ab, so daß solche Röhre ihr durch fleißigen Gebrauch erhöhtes Vakuum von Tag zu Tag wieder erniedrigt.

Glimmer hält dagegen die Gas- und Wasserteilchen so fest in seiner Lamellenschichtung, daß die Saugwirkung des Vakuums nicht genügt, um sie frei zu bekommen. Dies bewirkt nur die starke Erhitzung und molekuläre Erschütterung des durchtretenden hochgespannten Stromes. Glimmer und Glimmer ist übrigens ein großer Unterschied. Die Fabri-

kanten müssen sehr vorsichtig sein, da mancher Glimmer sich gar nicht zur Regenerierung eignet, weil er zu wenig Gas und Wasser okkludiert enthält oder Gase freigibt, welche die Elektroden zu stark angreifen. Heute sind diese Regeneriervorrichtungen bei allen Röhren in einem Nebenröhrenansatz untergebracht, der mit der Hauptröhre direkt kommuniziert.

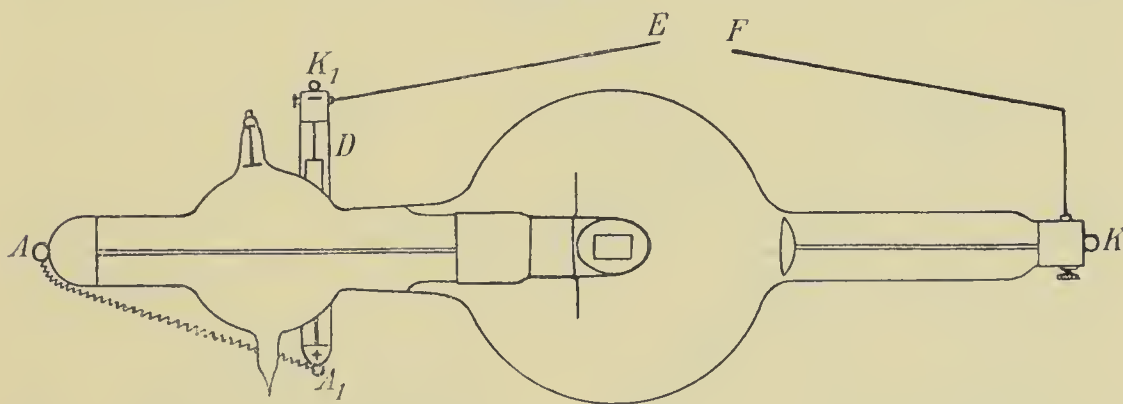
Fig. 68.



Die Rosenthalsche Polyphosröhre enthält in der Nebenröhre D die beiden übereinander gelagerten, aber von einander ioslierten Zylinder C und C_1 (Fig. 68). Der weite Zylinder C ist die Kathode, der enge Zylinder C_1 die Anode; letztere ist für Gasabgabe geeignet präpariert.

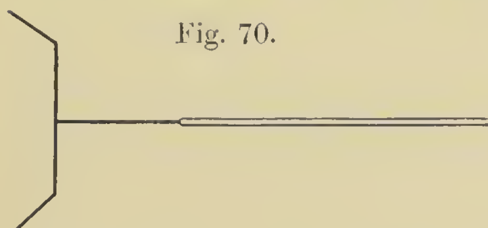
Die sogenannte Präzisionsröhre mit Antikathode aus reinem Iridium (besonders scharf zeichnend) zeigt die Anordnung dieser Regeneriervorrichtung (Fig. 69). Durch Annäherung der Regulierdrähte F und E wird der Strom durch die kleine Nebenröhre D geleitet, oder man läßt F und E in einer Entfernung von 10—12 cm voneinander entfernt und benutzt den von mir angegebenen Regulierstab (Fig. 70). Derselbe besteht aus einem langen Griff aus Glas oder Hartgummi und ist an einem Ende mit einem

Fig. 69.



winklig gebogenen dicken Kupferdraht armiert. Dieser Draht wird dann einfach zwischen E und F zur Stromleitung gehalten. Eine noch schnellere Regenerierung erreicht man, indem das zuführende Hochspannungskabel von K weggenommen und in die Öse bei K_1 eingehängt wird.

Fig. 70.

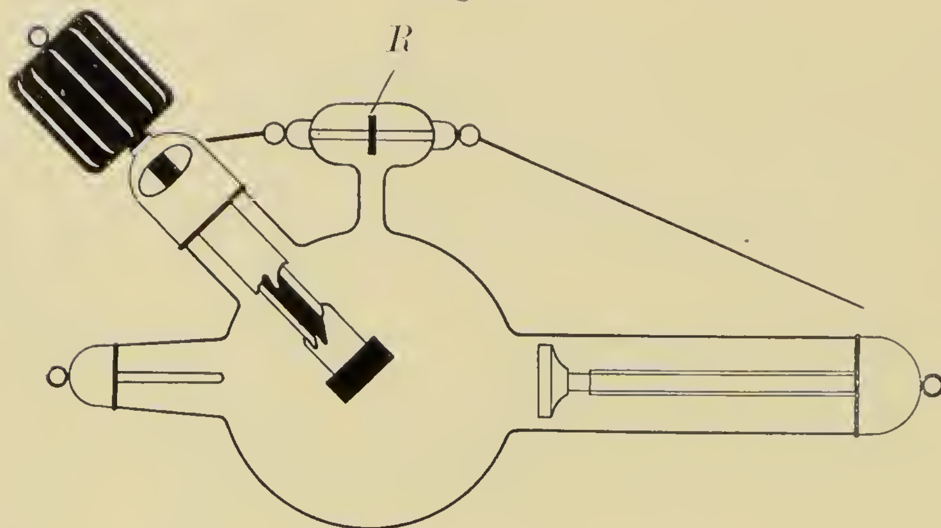


Seine spezielle Durchleuchtungsröhre und die Tiefentherapieröhre hat Rosenthal mit Bauer-Luftventil armiert. Die erstere ist so konstruiert, daß sie zum Hartwerden neigt und während langdauernder

Durchleuchtung durch das Luftventil auf dem gewünschten Vakuum erhalten wird; die zweite liefert besonders durchdringungsfähige Röntgenstrahlen.

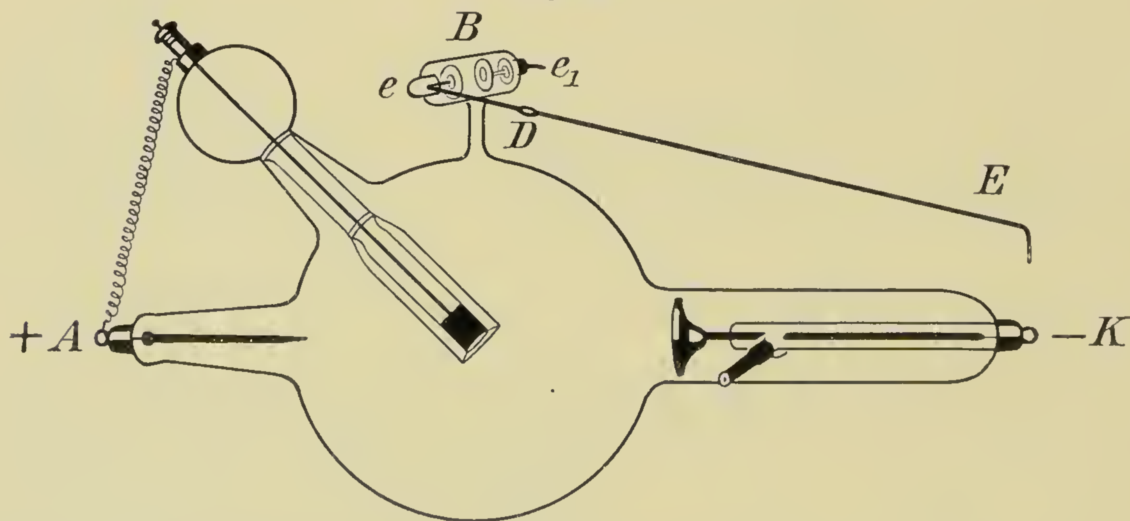
Die Intensivregenerierung nach Fürstenau ist in einer kleinen Nebenröhre an den Radiologieröhren untergebracht und arbeitet ebenfalls

Fig. 71.



nach dem Prinzip der Stromnebenschlußregulierungen. Sie besteht, wie aus der Figur 71 (Luftkühlrohr Velox) ersichtlich, aus einem Regenerierkörper R, der unmittelbar von beiden Seiten her durch den elektrischen Strom erregt und zur Gasabgabe veranlaßt wird. Infolgedessen besitzt die Regenerierung einen ungewöhnlich niedrigen inneren Widerstand,

Fig. 72.



so daß die Vorrichtung selbst bei höchstem Härtegrad der Röhre leicht und gleichmäßig anspricht und jede Gefahr des Durchschlagens bei der Betätigung ausgeschlossen ist. Die Gasabgabe erfolgt nicht stoßweise, sondern ganz gleichmäßig und allmählich, so daß sich eine Dosierung bei der Einstellung des Härtegrades bis auf wenige Zehntel Wehnelt-Einheiten mühelos erreichen läßt.

Zur Darstellung der Regeneriervorrichtung, wie sie von Müller-Hamburg an vielen Röhrenmodellen angebracht wird, diene Fig. 72 seiner Wasserkühlröhre „Rapid“.

Mit der Hauptröhre steht die Nebenröhre B in Verbindung, in welcher sich eine Kathode (und Reservekathode) C (und C_1) befindet aus Kohle und Glimmer.

Das Hindurchleiten des Stromes durch die Nebenröhre erfolgt, sobald der Hebel E, welcher mit der Kathode C mittels eines beweglichen Scharniers verbunden ist, der Hauptkathode K bis auf einen bestimmten Abstand näher gebracht ist, und zwar soll dieser Abstand, wenn die Röhre zu Beckenaufnahmen dienen soll, etwa 6—10 cm, wenn sie dagegen zu Handaufnahmen verwandt wird, 2—4 cm betragen. Der Vorgang der Regulierung wird durch das Überspringen von Funken zwischen K und E sichtbar.

Wird der Hebel E auf eine bestimmte Entfernung eingestellt, so funktioniert die Reguliervorrichtung automatisch während des Betriebes der Röhre, d. h. es springen, sobald sich Neigung zum Härterwerden zeigt, sofort einige Funken zwischen K und E über, und der Härtegrad der Röhre wird auf diese Weise automatisch reguliert. Will man eine besonders starke und schnelle Herabsetzung des Härtegrades erreichen, dann hängt man den negativen Pol des Induktors direkt in die Öse D des Regulierdrahtes E oder an die Metallkappe der Glimmer- oder Kohleregulierung.

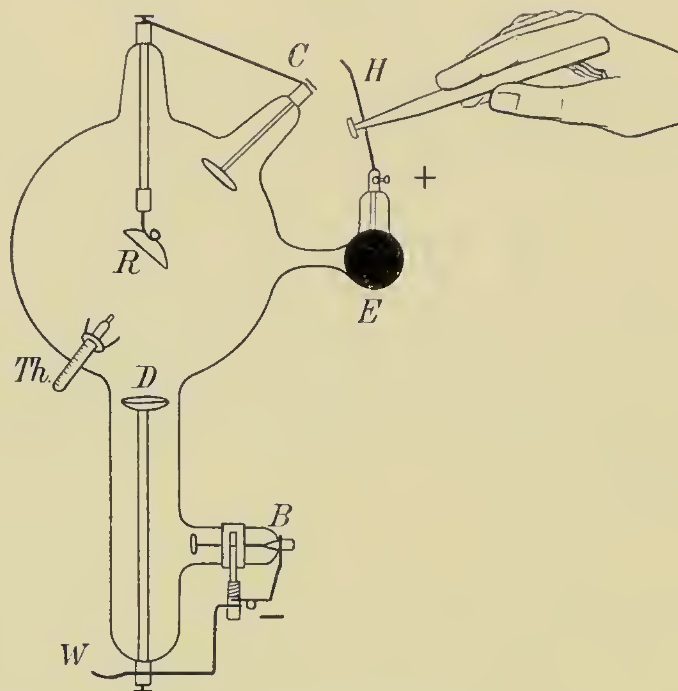
Nun schaltet man den Strom bei völlig zwischengelegtem Widerstand ein. Spricht die Regulierung nicht sofort an, so schaltet man, langsam vorgehend, allmählich so viel Widerstand aus, bis die Regulierung anspricht. Das Ansprechen der Kohleregulierung ist daran zu erkennen, daß an der Kohle ein punktweises helles Aufleuchten (Verbrennung von Kohlepartikelchen) eintritt. Das Ansprechen des Glimmers erkennt man daran, daß derselbe rotviolett aufleuchtet. Im Moment des Ansprechens schaltet man den Strom aus, hängt den negativen Pol wieder bei der Kathode K ein und sieht zu, ob die Regulierung genügt hat, widrigenfalls sie noch einmal wiederholt werden muß. Man beachte, daß die Kohle schon bei einem sehr viel geringeren Strom anspricht als der Glimmer.

Hirschmann hat schon in den neunziger Jahren seine ausgezeichnete Monopolröhre konstruiert, die im Bau und Betrieb der Regenerierung wesentlich abweicht (Fig. 73). Mit der Kugel der Hauptröhre ist eine zweite kleine (schwarz gezeichnete) Kugel E verbunden, in der während des Evakuierens ein Quantum Platin zerstäubt wird, so daß das Innere der Kugel mit einem Platinspiegel bedeckt ist. In dieser Kugel liegt eine Elektrode, die weiter von der Hauptkathode entfernt ist als die Antikathode. Diese Elektrode steht federnd in leitender Verbindung mit der Anode und Antikathode. Bei + wird der

von der +-Klemme des Induktors kommende Draht eingehängt. Hebe ich nun die Leitung H mit einem Glasstäbchen von C ab, so gleicht sich die Spannung durch diese Hilfskugel zur Kathode aus und der Platinniederschlag wirkt luftbindend: die Röhre wird härter.

Zwecks Gasabscheidung befindet sich in einem Seitenröhrchen auf der Kathodenseite eine Kohleelektrode. In die —-Öse wird der Draht von der —-Polklemme des Induktors eingehängt. Die Kohleelektrode steht federnd in Verbindung mit der Kathode. Wird diese federnde Leitung W vom Kathodenfortsatz abgehoben, geht der Strom durch die Kohleelektrode und scheidet Gas ab. Die Röhre wird weicher. Die Methode, die Leitung der Elektrodengruppen untereinander federnd

Fig. 73.



herzustellen, so daß sie sich nach schnell und bequem aufgehobener Verbindung sofort wieder selbsttätig herstellt, erleichtert den Gebrauch dieser Regulierröhre.

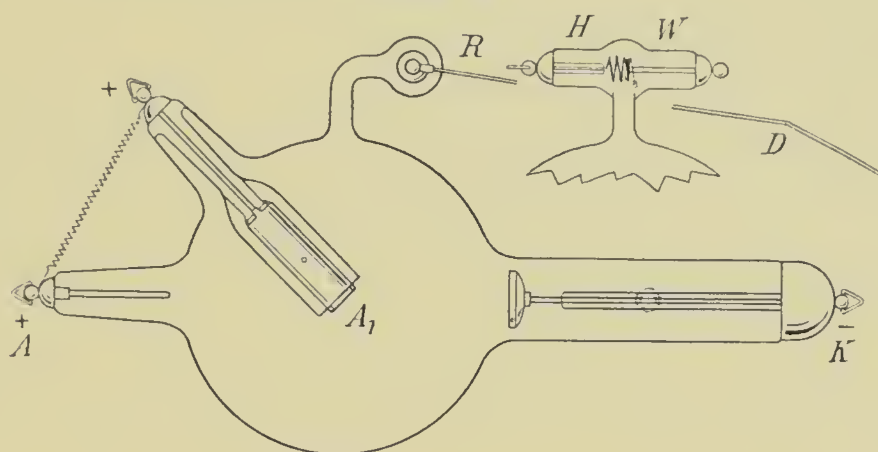
In ganz analoger Weise hat Burger-Berlin seine Energieröhre mit Duplexregulierung ausgestattet.

Die sonst von Burger-Berlin verwendete Regenerier- und Reguliervorrichtung zeigt die Fig. 74 in R und der kleinen Nebenzeichnung. Sie besteht 1. aus der Elektrode W, welche bei Verbindung mit der Kathode K (durch Näherführen des Drahthebels D) Stromdurchgang gestattet, Gas abgibt und dadurch die Röhre weicher macht; 2. aus der spiralig gestalteten Elektrode H, die bei Stromdurchgang Gas absorbiert und die Röhre härtet. Letztere H-umschließt die W-Elektrode, wodurch Burger erreicht hat, daß auch bei ganz harten Röhren die gasabgebende Elektrode W noch sicher ohne Durchschlagsgefahr für die Röhre arbeitet.

Dauernd gut hat sich die sogenannte Kondensatorregeneriervorrichtung von Gundelach bewährt.

Zur Verwendung kommt ein kondensatorähnliches Gebilde, bestehend aus einem durchschlagsicheren Glaszylinder, der beiderseits mit einer starken Schicht eines Halbleiters belegt ist, welcher durch ein besonderes Verfahren stromleitend und sehr aufnahmefähig für Gase ge-

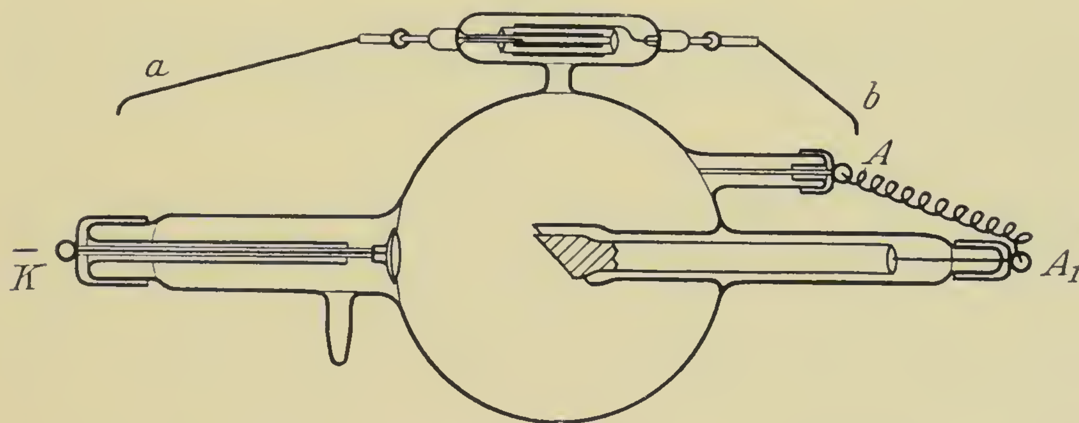
Fig. 74.



macht wurde. Fig. 75 zeigt die Vorrichtung an der Momentröhre von Gundelach.

Ist das Röntgenrohr zu hart, so legt man den kurzen Drahtbügel b dicht an die Anodenkappe A. Den anderen Drahtbügel a stellt man so weit von der Kathodenkappe K entfernt, daß ein Nebenschlußfunke entstehen muß, welcher etwa halb so lang ist als der Neben-

Fig. 75.



schlußfunke, welchen die Röntgenröhre nach der Regenerierung besitzen soll. Es wird nun bei Einschaltung der Röntgenröhre in den Stromkreis der größte Teil des Stromes durch den Kondensator gehen, weil die Röntgenröhre einen höheren Widerstand hat, wobei etwas Gas aus den Belegungen ausgetrieben wird. Die Röhre wird schon nach wenig Augenblicken ruhig aufleuchten, aber die Regenerierung ist erst dann als beendet zu be-

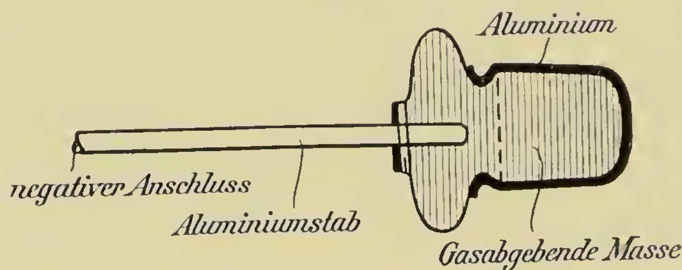
trachten, wenn die Nebenschlußfunken nur noch vereinzelt überschlagen. Ist das Vakuum der Röntgenröhre bis auf den gewünschten niedrigen Grad gebracht worden, so schlägt man beide Drahtbügel zurück.

Die Anwendung zweier gasabscheidender Schichten, welche durch Glas voneinander getrennt sind, hat den großen Vorzug, daß die Gasabgabe gleichmäßig aus allen Teilen der Schichten stattfindet, so daß auch wirklich die ganze okkludierte Gasmenge, welche sehr beträchtlich ist, nach und nach nutzbar gemacht werden kann.

Da diese Gundelach-Regenerierung nahezu unerschöpflich ist, darf man sie ohne Beschränkung benutzen. Deshalb evakuiert Gundelach im allgemeinen seine ausgezeichneten Röhren so hoch, daß sie auch als neue Röhren zu den stärksten Belastungen benutzt werden können. Nach einer starken Belastung und nach vollständiger Abkühlung wird die Röntgenröhre allerdings wieder hart sein, sie muß also vor der nächsten Benutzung wieder einreguliert werden.

Da die Röhren so evakuiert sind, daß sie sich während der ganzen Aufnahmezeit nahezu auf dem gleichen Härtegrad erhalten, hat man

Fig. 76.



den großen Vorteil, auch bei kräftigen Belastungen einen mittleren Weichheitsgrad, der doch allein kontrastreiche Bilder gewährleistet, anwenden zu können.

Reiniger, Gebbert & Schall geben den Röhren eigener Fabrikation ihre Strahlkörperregeneriervorrichtung, die ebenfalls sehr ergiebig ist und das Gas langsam und stetig abgibt. Fig. 76 zeigt den Aufbau der Vorrichtung: um einen Aluminiumstab, der den Strom zuführt, ist eine isolierende gasabgebende Masse befestigt, die wiederum mit einer Aluminumkappe überdeckt ist. Der dem Stab einpolig zugeführte negative Strom strahlt von diesem in die gasabgebende Masse aus, wodurch eine Gasabgabe erzielt wird. Um nun das völlige Durchstrahlen der gasabgebenden Substanz zu erreichen, ist die vorerwähnte Metallkappe angebracht, die ebenfalls aufgeladen wird.

Außer den bisher beschriebenen äußeren und elektrischen Reguliermitteln hat man noch andere Wege beschritten, ohne Veränderung des Vakuums die Strahlung einer Röhre weicher oder härter zu gestalten. Wehnelt hatte dies dadurch erreicht, daß er die Kathode mit einem

Glasmantel umgab, der durch Neigen und Klopfen zu verschieben war. Wurde der Glasmantel weit über die Kathode vorgeschoben, so hatten die Röntgenstrahlen eine größere Durchdringungskraft; wurde er dagegen nach rückwärts verschoben und damit die Kathode frei, so wurden die Röntgenstrahlen weniger durchdringend.

Hierher gehören auch noch die von Albers-Schönberg für seine Wasserkühlröhre gegebenen Vorschriften.

Der Härtegrad der Wasserkühlröhre wird nämlich außer von der sonstigen inneren Röhrenbeschaffenheit von der Wärme oder Kälte des Wassers mitbestimmt. Um die Qualität der Röntgenstrahlen gleichmäßig zu erhalten, hat deshalb Albers-Schönberg empfohlen, zwischen schnell aufeinander folgenden Aufnahmen das Kühlwasser ganz oder, wenn man nur ein wenig härtere Strahlen braucht, teilweise zu wechseln. Schließlich hat Albers-Schönberg, um dauernd eine härtere Strahlung zu erhalten, die Antikathode oder die Kathode durch die Einwirkung flüssiger Kohlensäure eisgekühlt.

Außerordentlich interessant ist eine neue Röhrenkonstruktion von Lilienfeld. Die Röhre ist so hoch ausgepumpt, wie dies technisch nur irgend möglich ist, leuchtet also nicht auf, wenn die Hochspannung in üblicher Weise an ihre Elektroden angelegt wird. Sie enthält aber außer den gewöhnlichen Elektroden eine Zusatzelektrode, die aus einem hohe Temperatur vertragenden Metall besteht und ähnlich wie der Faden einer Glühlampe elektrisch geheizt werden kann. Dadurch, daß die Glühelektrode erhitzt wird, ändert sich zunächst nichts an dem Zustand der Röhre.

Nun hat aber die glühende Elektrode die Eigenschaft, daß zwischen ihr und einer gewöhnlichen Aluminiumelektrode schon mit geringer Spannung (etwa 1000 Volt) eine Entladung durch den luftleeren Raum eingeleitet werden kann. Diese Entladung erzeugt zwar keine Röntgenstrahlen; dafür füllt sie den Raum mit geladenen Teilchen aus, derart, daß nunmehr der Röhre die Fähigkeit verliehen ist, die Röntgenentladung durchzuleiten. Deshalb heißt die von der Glühelektrode ausgehende Entladung der Leitfähigkeitsstrom.

Es ist leicht einzusehen, daß die Röhre hart sein wird, wenn der Leitfähigkeitsstrom klein ist; und weich sein wird, wenn er groß ist. Es ist also möglich, dadurch, daß an einem Widerstande der Leitfähigkeitsstrom passend eingestellt wird, momentan für jede Belastung jede beliebige Härte zu erhalten.

Die Handhabung der Röhre beim Ein- und Ausschalten erfordert nur das Einschalten eines einzigen Schalters. Dieser Schalter ist so eingerichtet, daß zu gleicher Zeit die Glühelektrode angeheizt, der Leitfähigkeitsstrom eingeschaltet und die Röntgenentladung in Gang gesetzt wird. Da die Temperatur der Glühelektrode ohne Einfluß auf die Röhrenhärte

ist, wird an dem diese Elektrode heizenden Strom nichts geändert. Der einzige gegen sonst hinzukommende Handgriff ist die Einstellung der passenden Röhrenhärte am diesbezüglichen Widerstand.

Als eine Komplikation erscheint, daß außer für den üblichen Röntgenstrom noch für den Heizstrom sowie für den Leitfähigkeitsstrom besondere kleine Transformatoren benötigt werden. Diese finden Aufstellung neben dem Induktor oder auf dem Gleichrichterschranke und beanspruchen keine weitere Beachtung. Und die von diesen Transformatoren zur Röhre führenden Drähte sind mit einer der beiden üblichen Rohrzuleitungen zu einem Kabel vereint, so daß praktisch nur zwei Zuleitungen zur Röhre für das Auge sichtbar sind.

Die Vorteile, die von der Lilienfeldschen Röhre zu erwarten sind, liegen auf der Hand:

1. Wir sind in der Lage, momentan ohne Änderung des Vakuums den Härtegrad der Strahlung von der niedrigsten (weichsten) bis zu höchsten (härtesten) Stufe zu verändern.

2. Ein Zuhartwerden der Röhre, wie es sonst stets infolge der Aufzehrung des Gasinhaltes mit der Zeit eintritt, ist ausgeschlossen.

3. Die Röhre hält höherer Belastung stand. Denn ihre Elektroden sind weitgehend entgast und können demnach stark beansprucht werden, ohne daß die Röhre „umschlägt", d. h. ohne daß sie durch Gasabgabe weich wird. Indessen fehlt mir eigene diesbezügliche Erfahrung.

Fernregulierung.

Mit Recht wird allerröntgenorten größter Wert darauf gelegt, die Regenerierung und Regulierung der Röntgenröhre aus einer gewissen Entfernung vornehmen zu können. Jeder verständige Röntgenist weist es ja weit von sich, sich der Einwirkung der Röntgenstrahlen immer und immer wieder auszusetzen. Der Röntgenist soll von seinem strahlengesicherten Stand aus am Schalttisch unter Beobachtung der Röhre und der Meßinstrumente die Regulierung der Röhre in der Hand haben.

Holzknecht hat uns den Ferngebrauch der Osmoregulierung gelehrt. Das hierfür notwendige Leuchtgas strömt in einem Schlauch zu dem Regulierventil und von diesem durch zwei Gummirohre zu zwei nahe einander angeordneten Brennern. Nach Öffnung des Gashahns strömt das Gas dauernd zu dem einen kleinen Brenner, der nun angezündet wird und als Zündflamme fungiert. Nach Betätigung des Regulierventils strömt das Gas auch zum eigentlichen Brenner; dieser wird an der kleinen Zündflamme entzündet, die hier entstehende größere Stichflamme bringt das Palladiumröhrchen zum Glühen, und die Osmoregulierung setzt ein.

Reiniger, Gebbert & Schall, betätigen ihre Fernregulierung auf pneumatischem Wege. Diese Vorrichtung kann an jeder Röhre an-

gebracht werden, welche mit einer im Nebenschluß zur Röntgenröhre arbeitenden Glimmer-, Kohle- oder sonstigen Regenerierung armiert ist. Durch Luftdruck mittels Druckballs und Gummischlauchleitung wird ein kleiner Kolben so weit bewegt, daß die Spitze des Regenerierdrahtes der Kathodenkappe bis zur Berührung genähert werden kann; der hochgespannte Strom durchströmt dann die gasabgebende Masse so lange, bis der Druckball freigegeben wird, so daß der Kolben und der Regenerierdraht wieder in ihre Anfangsstellung zurückschnellen. Der Druckball hat seinen dauernden Platz mittels der Gummischlauchleitung im Bereich des Schalttableaus.

Fürstenau benutzt zur Fernregulierung in den Radiologieröhren federnde Hebelkontakte. Gundelach hat nach Art der Franzosen von der Röntgenröhre entfernt eine Vorrichtung angebracht, welche durch Zug an einer Schnur vom strahlensicheren Ort aus eine Betätigung der Regenerierung gestattet. Die Drahtbügel an der Röhre und das lästige Überspringen der Funken im Bereich der Röhre fallen damit fort.

Allen vorangegangen in der Fernregulierung ist das Luftventil von Heinz Bauer.

Loose-Bremen hat diese einfachste und beste Form der Regulierung und Fernregulierung durch Wort und Tat gewissermaßen populär gemacht. Ein nicht zu enger Gummischlauch führt vom Luftventil der Röhre bis zum strahlensicheren Schalttisch und endet in einem kleinen Metallgebläse. Als Hauptvorschrift für die richtige Betätigung gilt nach Loose: den Druck auf das Metallgebläse kurz und energisch auszuüben, damit das Quecksilber im Luftventil in federnde Bewegung gerät und (vgl. Fig. 66, S. 128) durch Vorbei- und Rückwärtsschnellen an der Filterkammer bei P vorbei der Außenluft nur momentan den Durchtritt gestattet. War die Regulierung nicht ausreichend, so drücke man lieber ein zweites Mal ebenso kurz als beim ersten Male zu lange. Denn wenn P länger als einen Moment vom Quecksilber unbedeckt bleibt, bewirkt der beträchtliche Überdruck der Außenatmosphäre, daß eventuell gleich zu viel Luft in die Röhre strömt und dieselbe zu weich macht.

Von größter Wichtigkeit ist, daß auch die gleich zu besprechenden Drosselröhren, die früher infolge mangelhafter Regulierfähigkeit so schlecht funktionierten, mit Bauers Luftfernregulierung ausgestattet sind. Durch das Luftventil, betonen wir mit Loose, sind dieselben mit einem Schlage zu wirklich brauchbaren Instrumenten geworden.

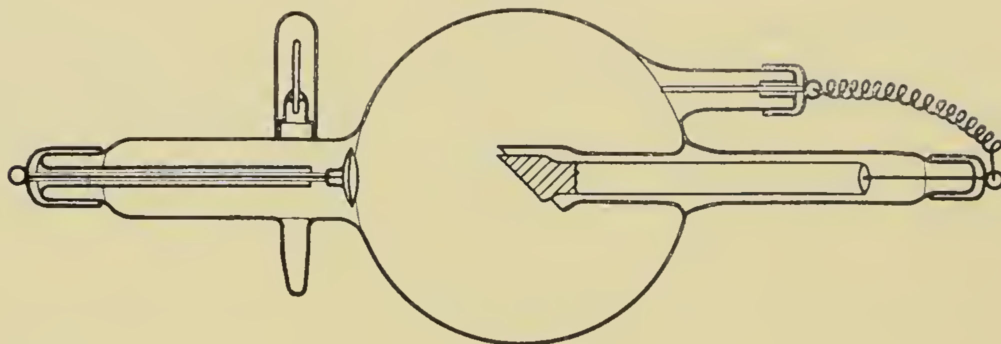
Röhren für starke Beanspruchung.

Wir wissen, daß ein sehr großer Teil der aufgewendeten elektrischen Energie innerhalb der Röntgenröhre infolge des Aufprallens der Kathodenstrahlen auf die Antikathode in Wärme umgewandelt wird. Bei den un-

geheuren Energiemengen, die heute mehr als je den Röntgenröhren bei den Schnell- und Momentaufnahmen und bei den therapeutischen Be- und Durchstrahlungen zugeführt werden, mußte die Antikathode immer mehr derart gebaut werden, daß sie auf jede Weise vor zu schnellem und vor zu intensivem Heiß- und Glühendwerden bewahrt bleibt, und daß die sich auf der Antikathode häufenden Wärmemassen so rasch als möglich weggeschafft und ausgeglichen werden.

Man hat auf verschiedene Weise versucht, der Hitzemassen Herr zu werden. So haben wir sogenannte metallreiche Röhren, deren Antikathode durch starke massive oder röhrenförmige Metallmassen vergrößert ist. Die großen Metallmassen nehmen entsprechend mehr Wärmemengen auf und lassen sie schnell an die Außenluft eventuell durch wärmeleitend aufgefügte Rippenkühlkörper abfließen. Der Metallreichtum garantiert zugleich eine größere Selbstregeneration der Röhre, weil die große, frei in die Röhre ragende metallische Oberfläche je nach der größeren

Fig. 77.



oder geringeren Belastung Gas ins Vakuum freigibt und die Konstanz erhält oder Gas aufnimmt (vgl. S. 114 und 123).

Ferner haben wir die sogenannten metallarmen Röhren mit kleiner in die Röhre ragender freier metallischer Oberfläche, bei denen die Antikathode durch den Luftstrom, Kohlensäurestrom, durch Wasser oder eine Kombination dieser Kühlmittel dauernd gekühlt wird und so eine äußerst große Wärmeaufnahme auf die Dauer gewährt.

Um ein Schmelzen und Zerstören der Antikathode durch das aufprallende Kathodenstrahlenbündel im Brennfleck zu verhüten, hat man schließlich die Vorderfläche des Antikathodenklotzes außer mit Platin mit Iridium-, mit Tantal- und Wolframplatten[1]) armiert, alles Metalle von höchstem Schmelzpunkt bei hohem Atomgewicht, von dem die günstige Ausbeute an Röntgenstrahlen in ganz besonderem Grade abhängt.

---

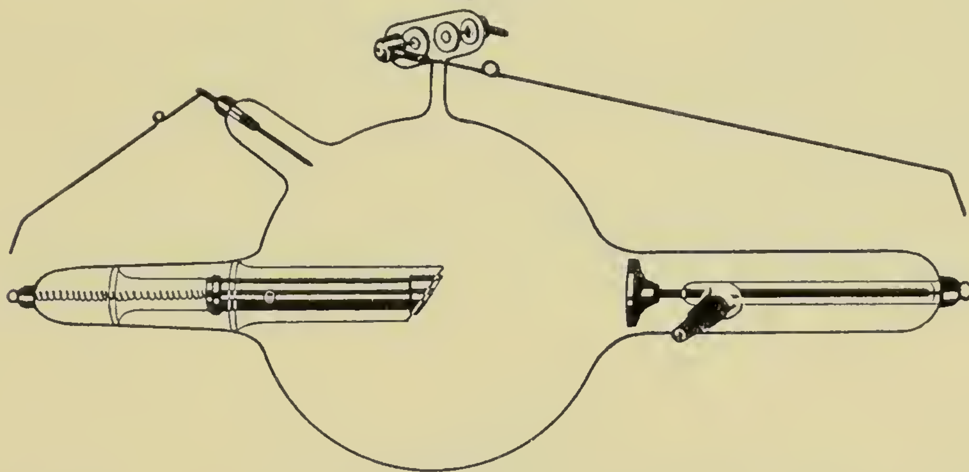
[1])

Platin:	Schmelzpunkt bei	1755°,	Atomgewicht	195,2
Tantal:	„ „	2850°,	„	182,0
Iridium:	„ „	2360°,	„	193,1
Wolfram:	„ „	3000°,	„	184,0

Einige Röhrentypen verschiedener Fabriken sollen das Gesagte noch veranschaulichen.

Hierher gehört zunächst die Dauerpatentröhre für Momentaufnahmen von Gundelach, welche wir bereits in der Fig. 75 kennen gelernt haben. Den gleichen Typus stellt die Fig. 77 dar, hier mit Osmoregulierung ausgestattet (oder auf Wunsch mit Bauer-Ventil).

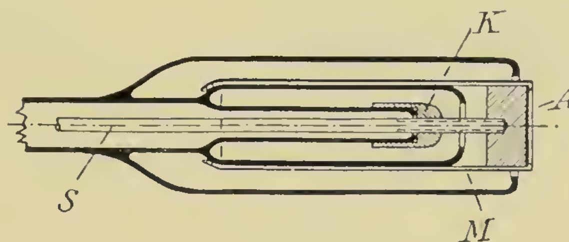
Fig. 78.



In gleich vollkommener Weise ist die sogenannte Mammutröhre von Müller (Fig. 78) durchgebildet; sie besitzt eine besonders stark konstruierte Kupferantikathode von großer Wärmekapazität und wird in drei Arten, 1. für gewöhnliche Aufnahmen und Durchleuchtungen, 2. ausschließlich für Momentaufnahmen, und 3. mit unscharfem Brennfleck für Therapie gebaut.

Für etwas stärkere Beanspruchung ist die schon in Fig. 74 abgebildete Röhre von Burger bestimmt. Die folgende schematische Zeichnung zeigt speziell die Antikathode. Sie besteht (A) aus einer schweren

Fig. 79.



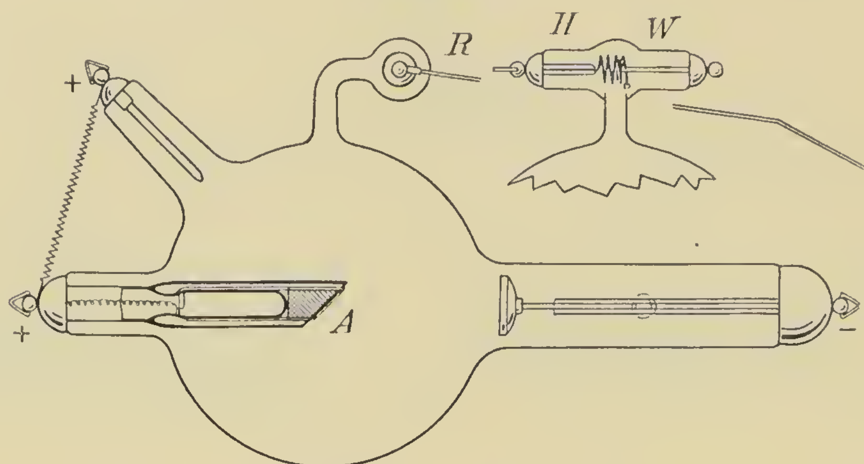
Metallmasse, mit welcher eine Kupferhülse M und eine Metallstange S zur Ableitung der Wärme verbunden ist. Die Hülse M umschließt das tragende Glasrohr und besitzt am oberen Ende vier Lappen, die gegen das Glasrohr gebogen sind und untereinander mit Draht verbunden werden.

Die mit Gewinde auf der Stange S sitzende Kappe K dient dazu, den Antikathodenkörper fest gegen die Glaswandung zu spannen. Der die Antikathode umgebende Glasschutzmantel verhindert bei dieser und

den vorhergehenden Röhrentypen das Schließungslicht und das Austreten vagabundierender Strahlen.

In den sogenannten Energieröhren nach Burger (Fig. 80) besteht die Antikathode A aus einer sehr schweren, gut leitenden Metallmasse, welche ebenfalls mit einem Glasmantel umgeben ist. Den Halter der

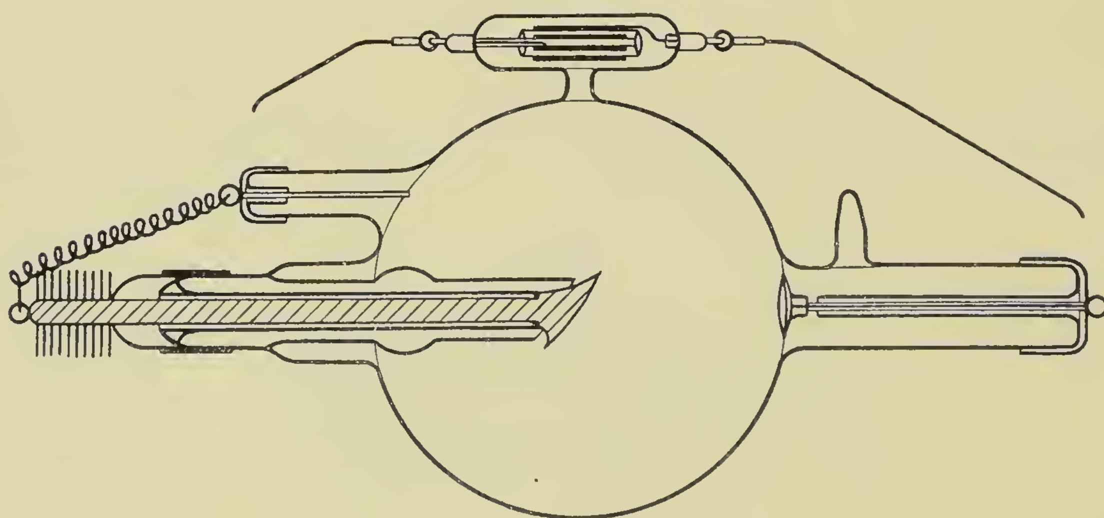
Fig. 80.



Antikathode bildet ein nach außen offenes, im Innern jedoch geschlossenes Glasrohr, das der erhitzten Luft freien Abzug gewährt.

Für stärkste Beanspruchungen hat Burger seine Zentralröhre bestimmt, deren Antikathode an der freien inneren Oberfläche entsprechend meiner Anregung vom I. Röntgenkongreß nicht plan-, sondern kugel-

Fig. 81.

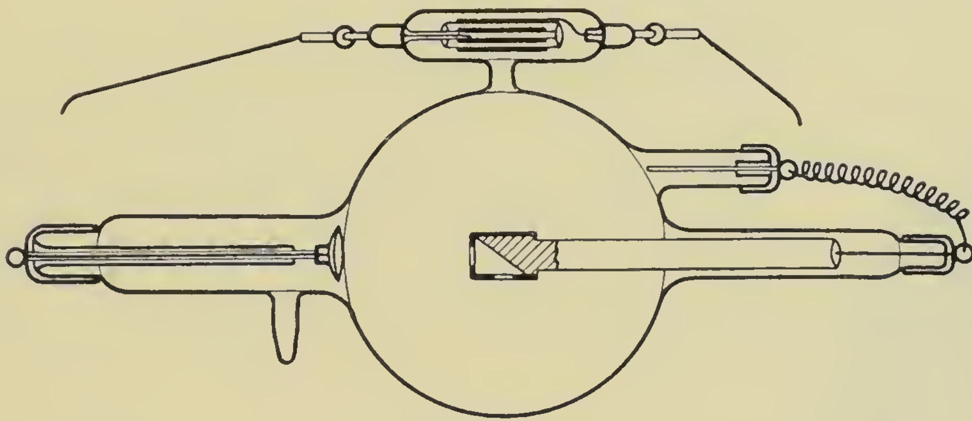


förmig gestaltet ist. Ihr massiver Metallklotz steht durch einen schweren Metallstab mit der Außenluft in Verbindung. Außerdem ist eine kräftige Oberflächenkühlung erreicht durch eine äußere große Metallglocke, der noch eine Metallfahne aufgesetzt wird.

Ähnlich konstruiert ist die in der Fig. 81 gezeichnete Intensivstromröhre von Gundelach. Der schwere Antikathodenmetallkopf mit gewölbter Vorderfläche ist an einen dicken Metallstab angelötet. Der Kopf befindet sich zudem an einer langen, verhältnismäßig

dünnwandigen Metallröhre, und diese ist erst im Antikathodenhals eingeschmolzen. Der Stab trägt an seinem ins Freie hinausgeführten Ende einen Rippenkörper aus Blechscheiben. Der größte Teil der von dem Antikathodenkopf aufgenommenen Wärmemenge wird von dem Metallstab nach dem Rippenkühlkörper abgeleitet. In dem dünnwandigen Rohr, welches naturgemäß einen viel kleineren Querschnitt hat als der Metallstab, fließt nur eine geringe Wärmemenge nach der Einschmelzstelle, so daß diese nicht gefährdet ist. Die Röhre gestattet eine sehr hohe Beanspruchung; für Momentaufnahmen empfiehlt indessen Gundelach die oben beschriebene Dauerpatentröhre mit besonders starkem Platinbelag (Fig. 76, S. 130) und seine folgende Patentröhre (Konstantröhre), welche wie die Idealröhre nach Dessauer die Einschnürung des Kathodenstrahlenbündels durch eine blendenähnliche Vorrichtung an der Antikathode besorgt (Fig. 82). Das zusammengeschnürte Kathodenstrahlenbündel ist nämlich noch von einem Mantel schwächerer Katho-

Fig. 82.



denstrahlen umgeben, deren Wirkung bei normaler Belastung sich wenig oder gar nicht bemerkbar macht. Bei der starken Belastung aber, wie sie eine Momentaufnahme erfordert, sind auch die von den Mantelstrahlen erzeugten Röntgenstrahlen so wirksam, daß sie einer Verschleierung der Platte herbeiführen. Das Kernstrahlenbündel geht durch die Blendenöffnung hindurch, während die Mantelstrahlen die Stirnseite der Blende negativ aufladen und zum größten Teil neutralisiert werden. Trotzdem bildet sich eine Wolke von negativen Elektronen vor der Öffnung, welche geeignet ist, die Mantelstrahlen fast vollständig abzuhalten, da ja gleichmäßig elektrisch geladene Körper sich gegenseitig abstoßen. Der Kernstrahlenbüschel selbst dagegen wird vermöge seiner großen Energie nicht davon beeinflußt.

Die Einführung von dicken Eisen- oder Kupferklötzen als Antikathode stammt von Rosenthal-München in den Polyphosröhren, wie solche in der Fig. 69, S. 131 schematisch gegeben ist. Diese sogenannte Präzisionsröhre zeichnet sich dadurch aus, daß sie einen sehr kleinen, schärfste

Röntgenbilder gewährleistenden Brennfleck hat. Um ein Schmelzen durch das mit gewaltiger Intensität aufprallende Kathodenstrahlenbündel im Brennfleck zu verhüten, hat Rosenthal die Vorderfläche des Antikathodenklotzes nicht mit Platin, sondern mit einer dicken Platte aus reinem Iridium armiert, dessen Schmelzpunkt und Atomgewicht wir schon oben kennen gelernt haben.

Im Gegensatz zu dieser besonders scharf zeichnenden Präzisionsröhre, welche sich für Zeit und für Schnellaufnahmen sehr gut eignet, bei höchster Belastung aber nur sehr kurze Zeit eingeschaltet werden darf, kann die große Iridiumröhre von Rosenthal auch bei stärksten Strömen länger eingeschaltet werden, da bei ihr die Auftreffstelle der Kathodenstrahlen etwas größer ist; dabei ist aber die Schärfe dieser Röhre noch eine sehr gute. Für Blitz- und Fernaufnahmen ist die Blitzröhre, welche ebenfalls eine Iridiumantikathode trägt und einen relativ großen Fokus hat, besonders geeignet.

Gundelach und Müller armieren einige ihrer Röhren für besonders starke Beanspruchung mit dem von Siemens & Halske chemisch rein hergestellten Wolframmetall aus. Der Preis des Wolframs ist derart gering gegen Platin, daß es als dicker Klotz ausgebildet und dem Antikathodenkörper aufgesetzt werden kann. Dank seinem hohen Schmelzpunkt und seiner guten Wärmeleitfähigkeit kann der Brennfleck ganz scharf genommen werden, ohne daß selbst bei den höchsten Belastungen ein Zerstören der Antikathode zu befürchten ist. Von Vorteil ist weiter, daß die Siemens-Wolframröhren bei den hohen Belastungen nicht eine so übertriebene Härtesteigerung gegenüber dem Zeitbetrieb zeigen wie die Platinröhren. Gundelach stattet z. B. seine oben beschriebenen Moment-, Konstant-, Intensivstrom und Einschlagröhren mit solchem Wolframklotz aus (Fig. 83), Müller besonders die oben erwähnte Mammutröhre, sein Wasserkühlrohr „Rapid“ und das gleich zu beschreibende Zangenrohr.

Fig. 83.



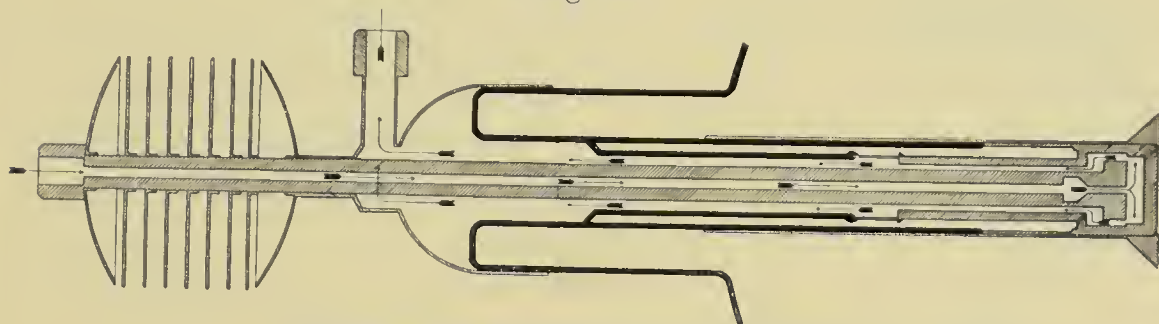
Antikahtode mit Wolframklotz.

Luft-Kühlung.

An verschiedenen Röhrenmodellen haben wir gesehen, wie die Wärmeableitung durch dicke Metallstäbe an die Außenluft bewerkstelligt wird. In rationeller Weise hat zuerst Heinz Bauer dieses Prinzip ausgebaut. Er verwendete anfangs eine bis in die Kugelmitte reichende kompakte Kupferantikathode, deren massiver Kopf zur Vergrößerung der Oberfläche und zwecks besserer Wärmeverteilung und Entgasung rippenförmig ausgestaltet war. Da diese Konstruktion jedoch die Zerstäubung begün-

stigte, bohrte er später den massiven Kopf auf und sorgte durch bis in die Kernmitte reichende Schlitze für eine Entgasung des Inneren. Das röhrenförmige Ende des Kupferklotzes ist einem Glaszylinder aufgefügt, welcher unmittelbar durch die Außenluft gekühlt ist. Um jedoch den gerade in neuerer Zeit durch die Tiefentherapie und Momentaufnahmen gesteigerten Ansprüchen an Belastungsfähigkeit zu entsprechen, hat Bauer eine Antikathode konstruiert, bei welcher die Außenatmosphäre die schweren Metall-

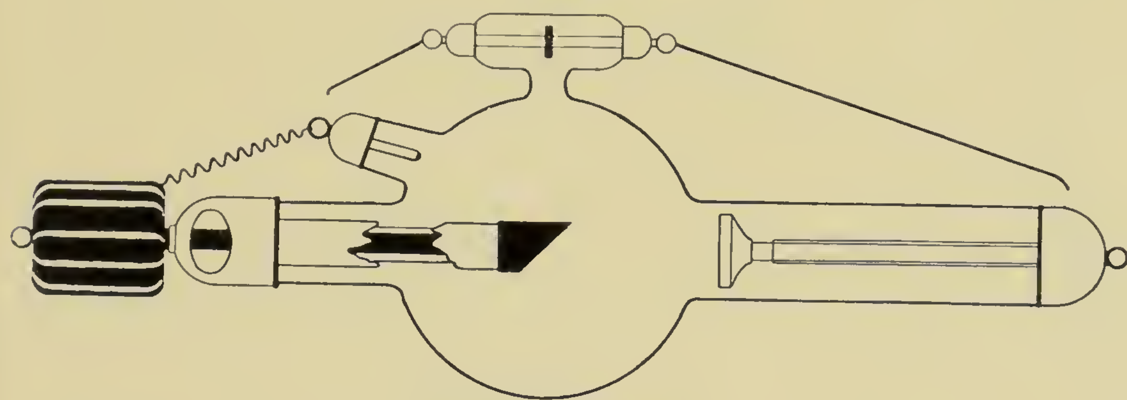
Fig. 84.



Antikathode der Kapparöhre von Heinz Bauer.

massen direkt durchkühlt. Zu diesem Zweck ist der Kopf der Antikathode als eine Kammer ausgebildet, in deren inneren Deckel ein nach außen führendes Rohr eingelassen ist. Die durch dieses Rohr eintretende Luft strömt direkt gegen den Antikathodenspiegel, erwärmt sich dort und entweicht durch ein weiteres Rohr nach außen. Verstärkt wird die Wirkung dadurch, daß die das Zu- und Abströmrohr tragende Kappe mit einem Metallkühler verbunden ist. Eine weitere Steigerung des Kühleffektes

Fig. 85.



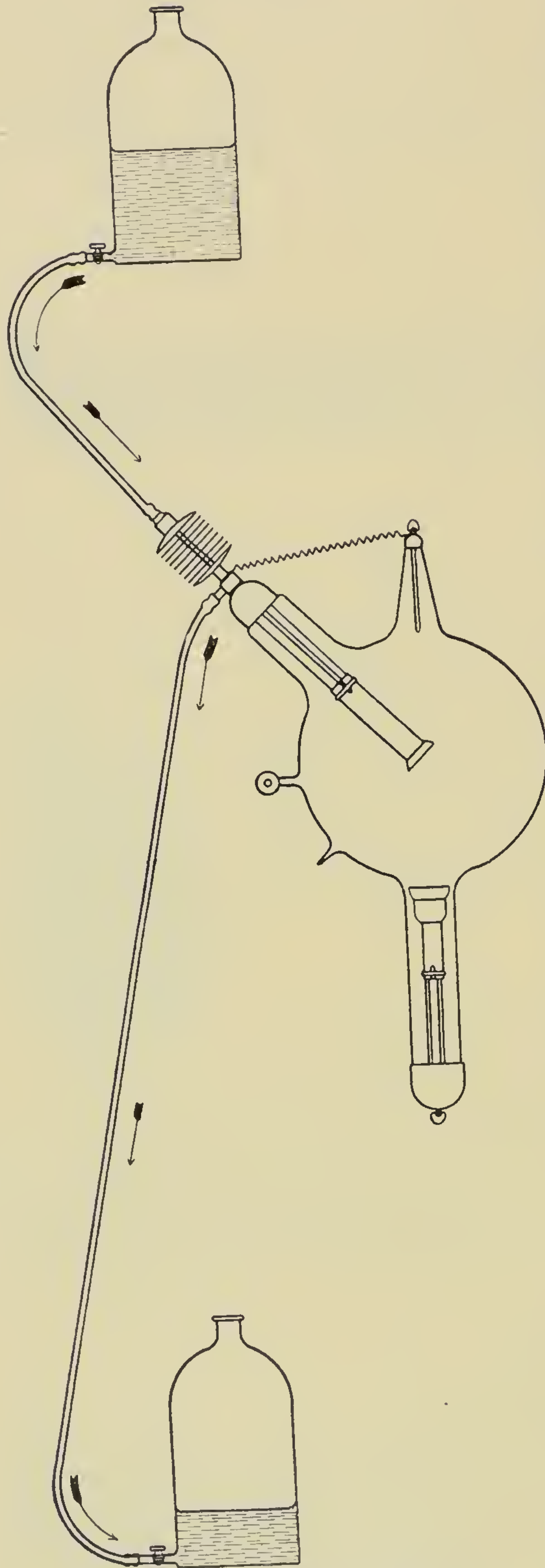
Radiologieröhre „Stabil".

läßt sich dadurch herbeiführen, daß man die Luft mittels eines Preßluftgebläses durch das Rohr hindurchpumpt. Auch fließendes Wasser, das man von einem hochstehenden Gefäß aus in das innere Rohr einströmen läßt, und das aus dem Außenrohr in ein tiefstehendes Gefäß abfließt, läßt sich zur Kühlung dieser Antikathode, die daher allen Belastungen gewachsen ist, verwenden.

Die folgende Abbildung zeigt das Luftkühlrohr „Stabil" der Radio-

logie. Auch in dieser ist die Antikathode besonders ausgestaltet; sie besitzt als Träger einen Körper aus einem unschmelzbaren Wärmeisolator, so daß jede Wärmeabstrahlung in das Vakuum hinein verhindert, dagegen das Abströmen der Wärme nach außen äußerst begünstigt wird, wo sie durch den Kühlkörper an die ihn umspülende kalte Außenluft abgegeben wird. Das Stabilrohr eignet sich somit für Belastungen jeder, auch der allerhöchsten Art im Induktor- und im Gleichrichterbetrieb. — In Fig. 71, S. 132, hatten wir schon die Radiologieröhre „Velox“ kennen gelernt, welche die gleiche Antikathodenkühlung hat, aber hauptsächlich für Induktorbetrieb bestimmt ist.

Fig. 86.



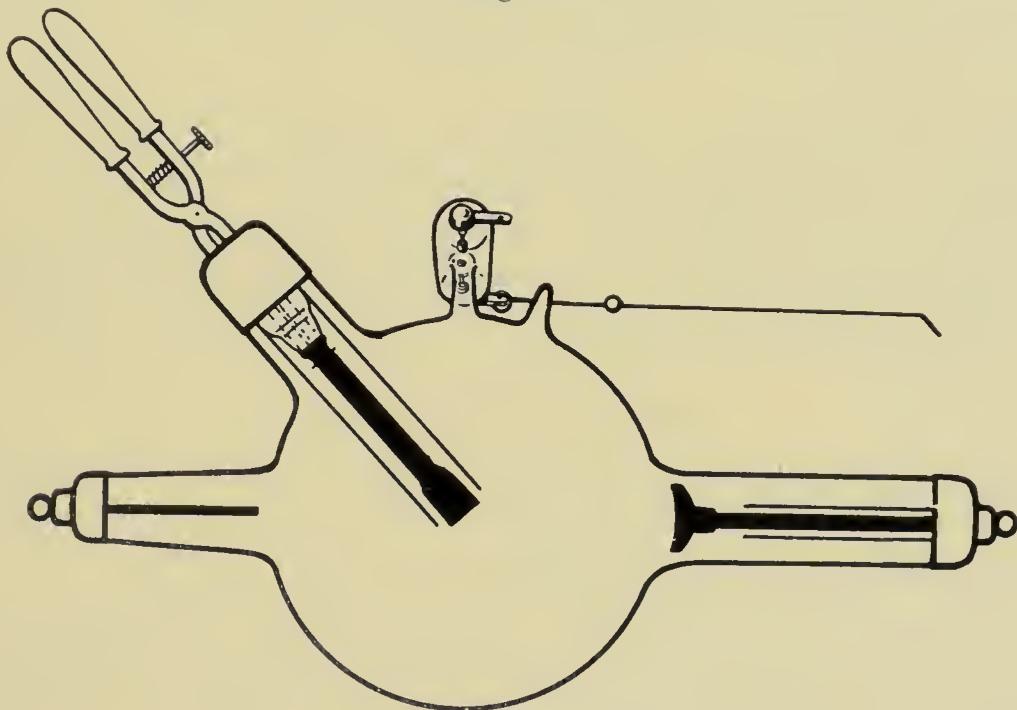
Kapparöhre von Heinz Bauer.

Fast alle Röhrenfabriken stellen übrigens ihre Luftkühlröhren derart her, daß die Luftkühlung der Antikathode mit Hilfe eines Luftgebläses forciert werden kann. Sehr bequem läßt sich diese Preßluftkühlung bei der Antikathode der Bauerschen Kapparöhre erreichen; desgleichen eine dauernde Wasserkühlung, selbst wenn Wasserleitung fehlt, nach Art der Fig. 86. Dabei ist die Wasserzufuhr etwa derart zu regeln, daß in 10 Minuten 1 Liter Wasser die Antikathode passiert. Die Kapparöhre stellt demnach ein Zwischenglied zwischen den metallreichen und den gleich zu besprechenden Wasserkühlröhren dar. Sie besitzt die robuste Bauart und Stabilität der ersteren, gestattet auch ohne besondere Kühlmittelverwendung deren bequeme Betriebsweise; anderseits ist die Röhre bei Anwendung der Preßluft- oder Wasserkühlung allen höchsten Beanspruchungen bei langdauernden Durchleuchtungen und bei der Tiefentherapie besonders im Gleichrichterbetrieb anzupassen.

Hierher gehört auch die ausgezeichnete Luftzirkulationsröhre von Burger, die besonders für hohe therapeutische Beanspruchungen bestimmt ist, desgleichen die Polyphos-Luftzirkulationsröhre, die beide durch den Luftstrom eines besonderen Luftkompressors gekühlt werden.

Zu den metallreichen Röhren gehört noch das Zangenrohr von Müller, das eine hohle, metallreiche Antikathode, die zur Aufnahme einer gegen ihre Innenwand federnden Kühlzange dient, besitzt. Nach eingetretener Erwärmung wird die Zange herausgenommen, abgekühlt und wieder eingesetzt oder gegen eine kalte Reservezange ausgewechselt. Die Kühlzangen sind entweder mit massiven oder hohlen, wassergefüllten Kupferschenkeln ausgestattet.

Fig. 87.



Zangenrohr von Müller.

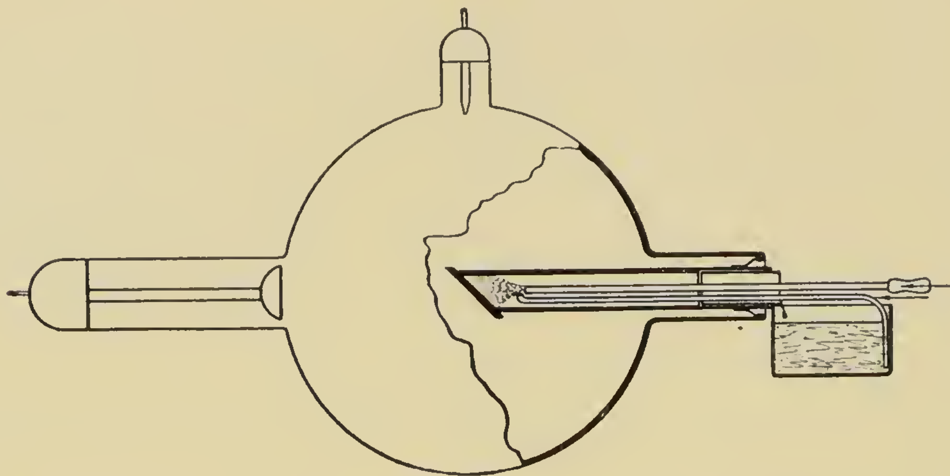
Der Kühleffekt und damit die Konstanthaltung des Vakuums ist ganz hervorragend; da sich das Gewicht von Zange zur Antikathode wie 70 : 30 verhält, so wird bei jedem Zangenwechsel im gleichen Verhältnis Wärme vernichtet.

Mayer-Basel hat auch diese Zangenröhre mittels eines Luftgebläses in einfacher Weise gekühlt, indem er an Stelle der Zange ein Luftzufuhr- und -abfuhrröhrchen in die hohle Antikathode einführt.

Ein neues Kühlprinzip der Antikathode hat Amrhein in der Maximumröhre eingeführt. Er benützt den sehr starken Wärmeverbrauch, der eintritt, wenn fein zerstäubtes Wasser in gasförmigem Aggregatzustand bei niederer Temperatur eingeführt wird. Zu diesem Zweck ist die Antikathode hohl bis dicht an den platinbedeckten Spiegel. Durch

ein Motorgebläse wird aus einem Gefäß Wasser aspiriert, ähnlich wie bei einem Inhalationsapparat, durch den Dampfstrahl. Der so erzeugte Sprühnebel wird mit Heftigkeit gegen die Rückwand des Antikathoden-

Fig. 88.



spiegels geschleudert und entzieht so der Antikathode in so hohem Maße Wärme, daß die Stromdichte in der Röntgenröhre enorm gesteigert werden kann und damit der Anteil an harter Strahlung wächst. Die Röhre ist nach den Mitteilungen von Bumm außerodentlich leistungsfähig.

Wasserkühlröhren.

Wir haben bereits in Fig. 72 die Wasserkühlröhre (Universalrohr Rapid) von Müller nach den Angaben von Walter konstruiert und durch Albers-Schönberg verbessert kennen gelernt.

Die Antikathode besteht aus einem Platintopfe, welcher luft- und wasserdicht in ein weites Glasrohr eingeschmolzen ist. Das letztere endet oben in einer kugeligen Erweiterung. Die Antikathode ist mit dem Anodenstift leitend verbunden. Das weite Glasrohr ist seinerseits in die Röhre luftdicht eingeschmolzen.

Man füllt nun in das Antikathodengefäß gewöhnliches kaltes Brunnenwasser etwa so hoch, daß die kugelige Erweiterung zu zwei Dritteln gefüllt ist. Das Wassergefäß erhält eine kleine Verschraubung, welche das Ausspritzen heißen Wassers verhindert, aber dem sich entwickelnden Wasserdampf freien Abzug gewährt.

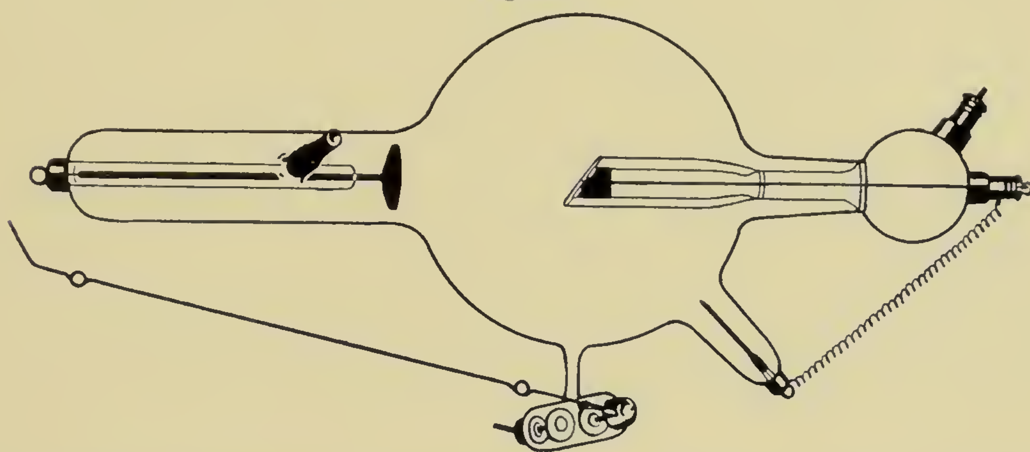
Es ist klar, daß die Erwärmung des von Wasser hinterspülten Antikathodenbleches eine verhältnismäßig geringe ist, besonders wenn die Röhre nicht sehr überlastet wird. Kommt selbst das Wasser bei langer Beanspruchung zum Kochen, wird die Temperatur des Platinbleches kaum über 100° steigen. Durch diese geringfügige Hitzeentwicklung wird sich auch der Härtegrad der Röhre nur wenig oder gar nicht ändern; die Röhre wird also lange konstant bleiben.

Ferner hat Walter darauf aufmerksam gemacht, daß durch die direkte Wasserkühlung die Zerstäubung des Platins vermindert wird, so daß also auch in dieser Hinsicht das Leben der Röhre wesentlich länger ist.

Um die Röhre auch den stärksten Belastungen anzupassen, hat Müller den Boden des Platingefäßes mit einer beträchtlichen Verstärkung aus einer die Wärme vorzüglich leitenden Metallkomposition hinterlegt (Fig. 72). Die Antikathode ist so geeignet, größte Strommengen aufzunehmen, die entstehende Hitze in sich zu verteilen und an das Kühlwasser direkt abzugeben. Die Versuche an Intensivinduktoren und mit den unterbrecherlosen Wechselstrom - Gleichstrommaschinen haben ergeben, daß diese Röhre Belastungen von mehreren hundert Milliampere standhält.

Da die Wasserkühlröhre bei der obigen Anordnung des Kühlgefäßes für Durchstrahlungen des Objektes von unten her nicht geeignet war,

Fig. 89.



weil bei der notwendigen umgekehrten Röhrenstellung das Kühlwasser vom Platintopf wegläuft, hat Müller — der Anregung von Albers-Schönberg folgend — das in Fig. 89 abgebildete Universalrohr Rapid L konstruiert. Die Antikathodenachse mit dem kugeligen Kühlgefäß liegt in der Längsachse der Röhre. Das Kühlgefäß hat zwei Öffnungen; je nach der Stellung der Röhre wird die untere Öffnung fest verschraubt. Die Röhre wird stets so im Röhrenhalter befestigt, daß die Kathodenseite etwas unter der Horizontalebene liegt, damit das Kühlwasser dauernd im Kühlrohr die Antikathode hinten bespült.

Wir wollen noch erwähnen, daß auch Röhren hergestellt worden sind, bei welchen die Wasserkühlung nur indirekt wirkt. Das gläserne Wasserkühlgefäß umschließt bei denselben entweder nur den sehr dicht gehaltenen Zuleitungsmetallstab zur Antikathode (Hirschmann), oder das untere Ende des Kühlgefäßes ist zugeschmolzen und an den Glasboden legt sich die Platinantikathode mittels eines Aluminiumrohres an (Grunmach).

Die Original-Veifa-Wasserkühlröhre von Dessauer besitzt eine starke massige Kupferantikathode, die aus der Röhre mit Hilfe einer Platinstulpe herausgeführt ist. Der massive Kupferträger zeichnet sich durch eine vorzügliche Wärmeleitung aus. Von außen wird ein Kühlwassergefäß auf die Kupferstange aufgeschoben; dies Gefäß ist drehbar und feststellbar, so daß der Abdampf bei jeder Lage der Röhre nach oben entweicht. Das Wassergefäß kann beliebig ausgewechselt werden, so daß eine dauernd gute Kühlung der an sich metallreichen Röhre mit ihren Vorteilen möglich ist.

Therapieröhren.

Ganz kurz sei hier noch darauf hingewiesen, daß sich für therapeutische Zwecke neben den üblichen besondere Röhrentypen herausgebildet haben.

Zunächst werden alle Therapieröhren mit größerem Brennfleck und guter Kühlfähigkeit versehen.

Für Haut- und Oberflächentherapie werden neben den üblichen Röhren 1. solche mit besonders weicher Strahlung. 2. solche mit kleinem Kugeldurchmesser zur Erzielung einer geringen Fokus-Haut-Distanz, 3. solche mit dünnster Glaswand oder besonders durchlässigem Glas (Lindemann-Glas) gegenüber der Antikathode gebaut.

Dazu gehören: die Etaröhre von Heinz Bauer mit reliefartiger Ausgestaltung der Kathodenoberfläche, die einen großen Brennfleck garantiert; die Therapiezentralröhren von Burger mit stark gewölbter Antikathode; die kleine Therapieröhre von Gundelach; das weiche Lindemann-Rohr von Müller; das Dermorohr der Radiologie.

Für Tiefentherapie sind die Röhren aus dem Kapitel „Röhren für starke Beanspruchung“ zu empfehlen; alle Tiefentherapieröhren sollen eine harte Strahlung geben, eine langdauernde Belastung und dementsprechend die bestmögliche Kühlung der Antikathode gestatten. Verschiedene Röhrenbauer haben auch für die Intensivtiefentherapie den Durchmesser der Röhrenhauptkugel klein gestaltet, um so dem zu durchstrahlenden Objekt möglichst nahe zu kommen.

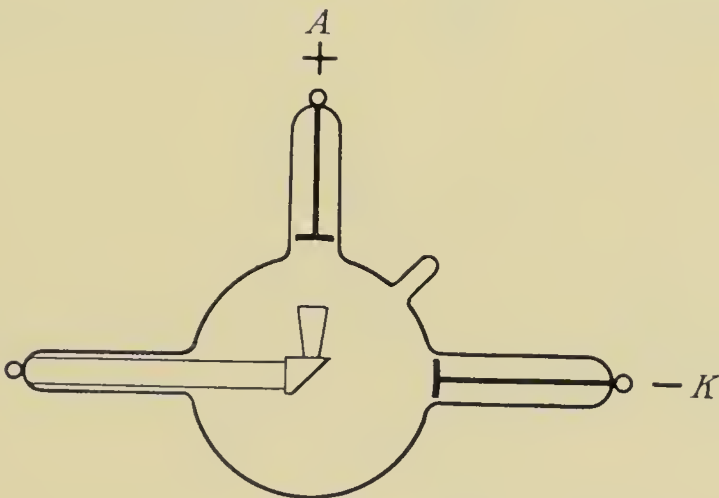
Drossel- oder Ventilvorrichtungen.

Wir erinnern uns aus dem Kapitel über den Funkeninduktor, daß wir sekundär mit den viel kräftigeren Öffnungsströmen zum Betrieb der Röhren rechnen, während die entgegengesetzt verlaufenden Schließungsströme von so geringer Spannung sind. daß sie das Vakuum der Röntgenröhre nicht zu durchbrechen imstande sind. Tatsächlich ergeben gut gebaute Röntgenapparate verschwindend kleine Spannungsimpulse verkehrter Richtung. Besonders bei langsamen Unterbrechungen, d. h. bei genügend großem zeitlichen Abstande der Spannungsimpulse voneinander

und nicht zu großen Spannungswerten verkehrter Richtung, bleiben die verkehrten Spannungsimpulse völlig wirkungslos, weil der Röhrenwiderstand inzwischen (seit dem vorhergehenden Impuls korrekter Richtung) wieder unendlich groß geworden ist und die kleine Schließungsspannung nicht zum Durchbruch ausreicht. Ein Stromstoß verkehrter Richtung kommt also nicht zustande. Bei sehr hoher Belastung und sehr gesteigerten Unterbrechungszahlen gibt aber selbst der beste Röntgenapparat mit Induktor so starke Schließungsstromimpulse, daß man ohne Ventilvorrichtungen in oder vor der Röntgenröhre nicht auskommt.

In ausgezeichneter Weise hat Koch-Dresden in seiner sogenannten Bikathodenröhre die Unterdrückung des Schließungsstromes erreicht. Fig. 90 zeigt eine derartige „Bikathodenröhre". Beide Zuleitungselektroden sind kathodenartig als Hohlspiegel ausgebildet. Das von der einen Zuleitungselektrode K („aktive Kathode") ausgehende Kathodenstrahlen-

Fig. 90.

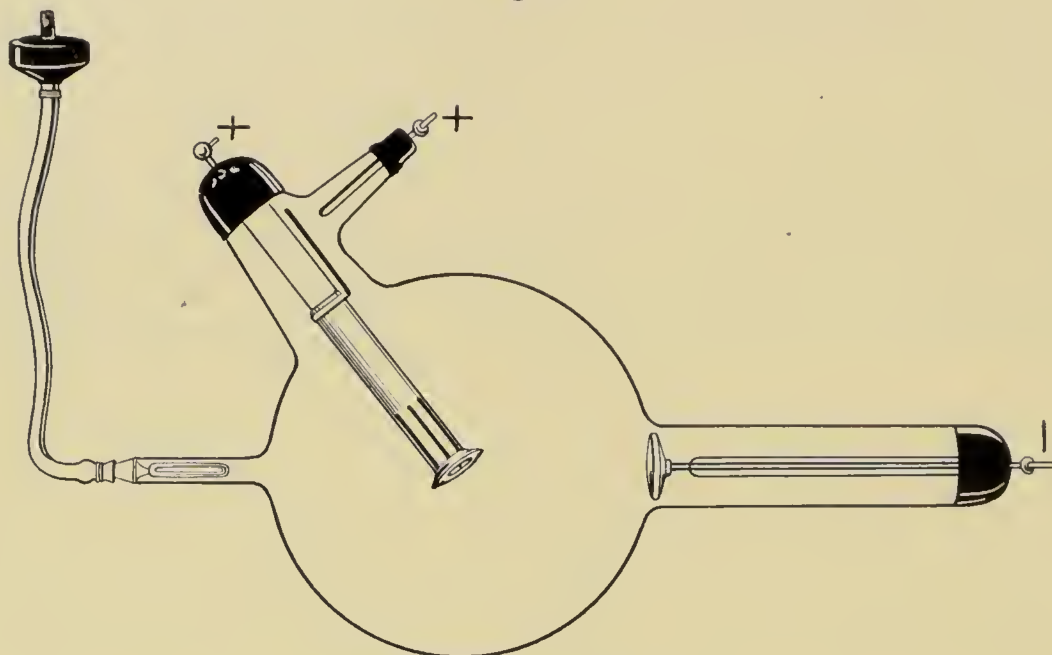


bündel wird in der üblichen Weise auf dem Antikathodenspiegel konzentriert. Die andere Zuleitungselektrode A („inaktive Kathode"), welche in normalem Betrieb die Anode darstellt, ist in den Glashals zurückgezogen. Ihr gegenüber ist ein trichterartiges Metallstück angeordnet, welches an der Rückseite der Antikathode befestigt wurde. Erfahrungsgemäß stellt sich dem Stromdurchgang durch eine Vakuumröhre ein außerordentlich hoher Widerstand entgegen, wenn der sogenannte dunkle Kathodenraum, der sich an der negativen Zuleitungselektrode bildet, an seiner Ausbreitung durch die Glaswände der Röhre oder durch einen gegenüber befindlichen Fremdkörper gehindert wird. Dagegen wirkt eine solche Disposition nicht wesentlich als erhöhter Widerstand, solange die betreffende Zuleitungselektrode positiv (Anode) ist.

Während also für den Stromdurchgang in normaler Richtung die Bikathodenröhre einen normalen Widerstand aufweist, tritt dem Stromdurchgang in entgegengesetzter Richtung ein wesentlich erhöhter Widerstand entgegen.

Tritt aber doch bei ganz weichen Röhren eine Erniedrigung der kritischen Spannung und eine Herabminderung der Ventilwirkung ein, so werden die von der inaktiven Kathode ausgehenden Kathodenstrahlen zu einem Bündel vereinigt und in den Metalltrichter gelenkt. Da weder dessen Metall zur Aussendung von Röntgenstrahlen geeignet ist, noch die etwa

Fig. 91.

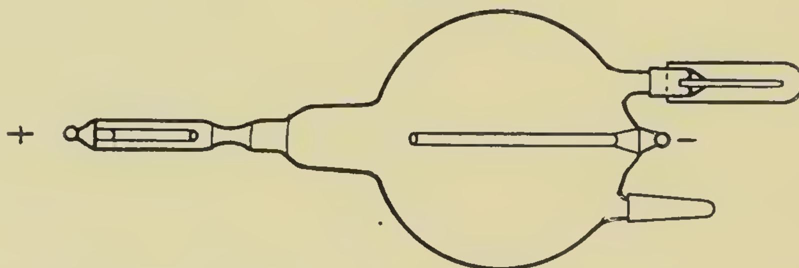


Deltaröhre von Heinz Bauer.

entstandenen Strahlen in der Richtung der normalen Röntgenstrahlen Nebenlichtwirkungen ausüben können, so ist eine solche Röhre unter allen Umständen „schließungslichtfrei".

Der Anschluß der Bikathodenröhren erfolgt in der Weise, daß der negative Pol des Induktors zur „aktiven", der positive Pol zur „inaktiven"

Fig. 92.



Kathode geführt wird. Die Antikathode bleibt also unangeschlossen, wird aber bei normalem Betrieb stets positiv (und nicht negativ) aufgeladen, weil ihr metallischer Trichter in das Anodengefälle hineinragt. Dadurch spricht diese Röhre auch in hartem Zustande ruhig und einwandfrei an.

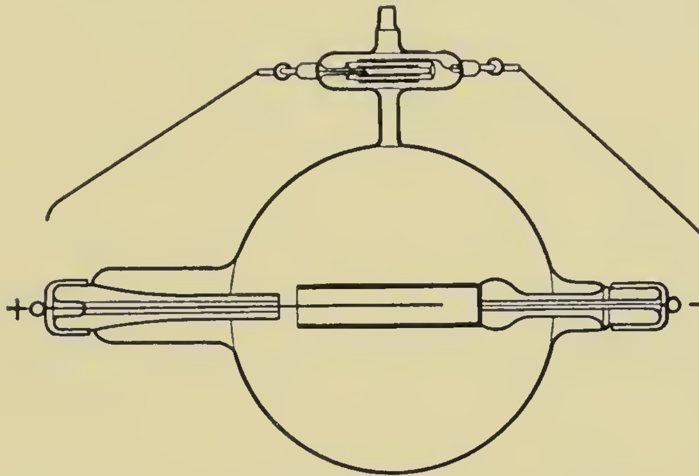
Heinz Bauer erreicht das gleiche in seiner Deltaröhre (Fig. 91). Die Antikathode befindet sich unmittelbar im Anodengefälle derart, daß die Röhre auch im weichsten Zustand absolut schließungslichtfrei bei

positivem Antikathodenpotential betrieben werden kann. Die ausgezeichnete Röhre ist mit Bauer-Luftventil ausgestattet.

Um nun von Röntgenröhren beliebiger Konstruktion den Schließungsstrom abzuhalten, hat Gundelach in Deutschland die besonders gebauten Ventilröhren eingeführt.

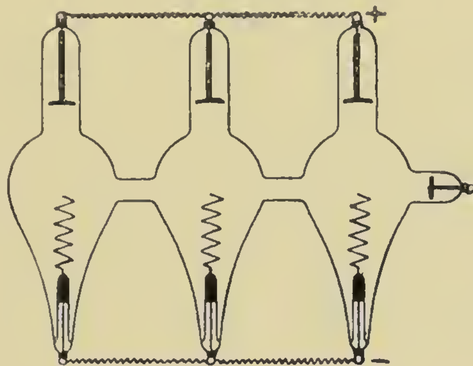
Für schwächere und mittlere Belastung dient die Ventilröhre Fig. 92.

Fig. 93.



Gundelach benutzt ein Entladungsrohr von sehr ungleichen Teilen, deren jeder eine langgestreckte Elektrode enthält. Der eine Teil des Entladungsrohres ist eine weitbauchige Kugel, der andere Teil ein ganz enges Glasrohr. Durch ein solches Entladungsrohr, das bis zum Kathodenstrahlenvakuum entleert ist, geht der Strom überwiegend nur in einer Richtung hindurch.

Fig. 94.



Er passiert nämlich dann, wenn er an der freistehenden —-Elektrode im kugeligen Röhrenteil austreten kann. Soll er umgekehrt passieren, so würde die vom engen Glasrohr umschlossene Elektrode Austrittsort, Kathode, und die unmittelbar gegenüberstehende Glaswand würde stark negativ elektrisch; dadurch ist die Entladung und die Bildung von Kathodenstrahlen an dieser Elektrode so gut wie unmöglich.

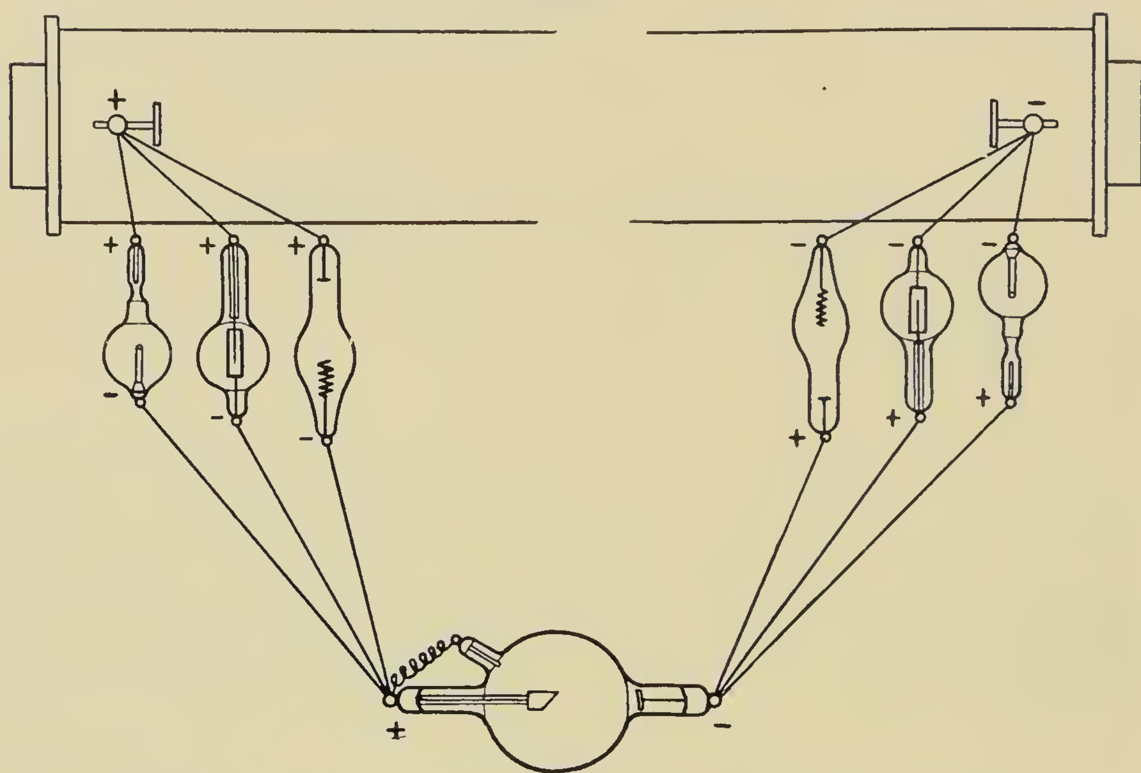
Für starke Belastung hat Gundelach seine Patentventilröhre konstruiert nach folgendem Prinzip:

Wenn man die freie Metallmasse der Anode so nahe an die Kathode

heranbringt, daß sich dieselbe im dunklen Kathodenraum befindet, so ist das Auftreten von Kathodenstrahlen an der Anode unmöglich. Es kann also kein verkehrter Strom hindurchgehen. Bei der Form in Fig. 91 ist die Kathode als Röhre ausgebildet und die Anode als Stab, dessen freier, nicht vom Glas bedeckter Teil sich innerhalb dieser Röhrenkathode befindet.

Bei der Polyphosventilröhre von Rosenthal ist die gleiche Anordnung der Elektroden gewählt wie bei der Gundelach-Ventilröhre

Fig. 95.



(Fig. 92). Koch hat in seiner Ventilröhre die Elektroden wie in seiner Bikathodenröhre geformt und gestellt.

In der Ventilröhre von Müller dient als Kathode eine Spirale aus Aluminium, als Anode ein flacher Aluminiumspiegel, der im Hals der Röhre liegt. Bei Verwendung großer Stromstärken ist diese Ventilröhre zwei- und dreiteilig (Fig. 94) ausgebildet.

Ein für allemal hat man zu beobachten, daß die Ventilröhren nie in der Nähe der Röntgenröhre, sondern immer möglichst weit von ihr entfernt nahe dem Induktor in den sekundären Stromkreis eingeschaltet werden. Dies und den richtigen Anschluß in der Richtung soll die schematische Zeichnung (Fig. 95) für drei verschiedene Typen von Drosselröhren in den zwei Schaltungsmöglichkeiten veranschaulichen.

Ich erinnere hier noch einmal daran, daß die Ventilröhren praktischerweise mit der Bauerschen Luftfernregulierung ausgestattet werden (vgl. S. 128).

B. Spezieller Teil.

Anleitung für Röntgenaufnahmen.

Wir haben in der Einleitung die Eigenschaften der Röntgenstrahlen bereits besprochen und wollen hier noch einmal die für unsere Zwecke wichtigen Punkte hervorheben.

Erstlich: Wir besitzen im Brennfleck der Röntgenröhre eine mehr oder minder kräftige Lichtquelle, die geradlinig nach allen Richtungen Röntgenstrahlen schickt.

Zweitens: Durch diese Röntgenstrahlen werden eine ganze Reihe von Stoffen, z. B. Bariumplatincyanür, Flußspat, wolframsaurer Kalk usw. zum Fluoreszieren resp. Phosphoreszieren erregt und die photographische Platte wird ähnlich wie durch Tageslicht belichtet.

Drittens und hauptsächlichst ist hervorzuheben, daß alle Körper mehr oder weniger für die Röntgenstrahlen durchlässig sind, d. h. die verschiedenen Körper, resp. die verschiedenen Komponenten eines Körpers besitzen eine verschiedene Absorptionsfähigkeit für die X-Strahlen. Es zeigte sich, daß ein Körper, wie anzunehmen war, in größerer Dicke mehr Strahlen absorbiert, daß aber die spezifische Durchlässigkeit eines Körpers um so größer ist, je dicker der betreffende Körper ist; d. h. ein dünnes Aluminiumplättchen wird im Verhältnis zu einem zehnmal dickeren nicht etwa einen zehnmal schwächeren Schatten werfen, sondern einen stärkeren (Röntgensches Absorptionsgesetz). Die Durchlässigkeit der verschiedenen Substanzen bei gleicher Schichtendicke gab Röntgen als in der Hauptsache durch ihre Dichte, ihr spezifisches Gewicht bedingt an; durch weitere Untersuchungen, über die Walter-Hamburg zusammenfassend berichtet hat, wurde festgestellt, daß von zwei chemischen Elementen und auch von zwei zusammengesetzten Körpern dasjenige mit höherem Atomgewicht und mit dichterer Lagerung der Atome auch stets den größeren Bruchteil derselben Röntgenstrahlung absorbiert.

Durch die Kombination dieser drei praktisch wichtigsten Eigenschaften der Röntgenstrahlen sind wir demnach imstande, von Körpern und ihrem Innern ein Bild auf einen fluoreszierenden Schirm oder die photographische Platte zu werfen.

Nehmen wir als Beispiel die menschliche Hand, so werden die Röntgenstrahlen von den dichteren Knochen mehr absorbiert werden als von den umgebenden Weichteilen, demgemäß wird auf dem Leuchtschirm an der Stelle der Knochen das Bariumplatincyanür nicht so hell leuchten wie im Bereich der Weichteile, d. h. wir werden die Knochen als dunklere Schatten in dem sonst helleren Handbild sehen, und eine photographische Platte wird am wenigsten da belichtet werden, wo ihr Knochen aufliegen. Die Weichteile werden schon mehr Strahlen zur Platte dringen lassen. Das

Handbild wird also auf der photographischen Platte die Knochen hell, die Weichteile dunkler, die Umgebung noch dunkler, gedeckter erscheinen lassen. Aber nicht allein Knochen und Weichteile, sondern auch die verschieden dichten Weichteile lassen sich, je nach ihrer Blutfülle, nach ihrem Luftgehalt usw. voneinander unterscheiden.

Die Röntgenlichtmesser.

Wir wissen aus dem vorigen Kapitel, daß wir sehr weiche, weiche, mittelharte, harte und sehr harte Röhren zu unterscheiden haben. Je nach der Dicke und Dichte des zu durchstrahlenden Objektes, also je nach der Durchlässigkeit des Körpers wählen wir die Röhrenqualität; und zwar müssen wir immer die Röhren so weich nehmen, als es sich einigermaßen mit dem betreffenden Objekt verträgt. Um sich jederzeit über das Durchdringungsvermögen der Strahlung der richtig belasteten Röntgenröhre zu orientieren oder die Qualität solcher Röhre sogar zahlenmäßig festzulegen, dazu bedienen wir uns entweder des Schätzungsverfahrens: Bariumplatincyanürschirm, nebengeschaltete Funkenstrecke oder Verhalten des primären und sekundären die Röhre durchfließenden Stromes. Oder wir messen das Durchdringungsvermögen der Röhre direkt an einem eigens für diesen Zweck konstruierten Instrument, Härteskala genannt.

Zwischen beiden Verfahren stehen die Härtemeßapparate von Klingelfuß, Heinz Bauer, Villard u. a.

In der Urröntgenzeit benutzten wir zur Beurteilung der Strahlenqualität in der Hauptsache unser durch die tägliche Röntgenarbeit bis zu einem gewissen Grade geschärftes Auge, einmal durch Schlußfolgerungen, die wir aus dem Ansprechen und Aussehen der Röntgenröhre direkt zogen, des anderen aus dem Fluoreszenzlicht des Bariumplatincyanürschirms und dem Schirmbild der regelmäßig als Testobjekt benutzten eigenen Hand. Daß man sich mit dieser primitiven Schätzung ein sehr hohes Maß von Sicherheit für die Beurteilung der Strahlenqualität für Röntgenaufnahmen aneignen kann, unterliegt gar keinem Zweifel. So spielt denn auch dieses einfache Schätzungsverfahren im Röntgenhaushalt noch immer die größte Rolle; nur haben sich inzwischen alle Röntgenforscher wegen der damit verbundenen Verbrennungsgefahr abgewöhnt, die Hände oder andere Körperteile von sich und den Angestellten als Maß für das Durchdringungsvermögen der Röntgenstrahlen zu benutzen. Diese grobe Fahrlässigkeit ist heute aus allen Röntgenlaboratorien ein für allemal verschwunden.

Statt dessen werden vielfach mit bestem Erfolge Leuchtschirmapparate benutzt, die dem von Max Kohl schon Ende der neunziger Jahre eingeführten Chiroskop sehr praktisch nachgebildet sind. Das Chiroskop

besteht aus einem Leuchtschirm von 13 : 18 cm und einer präparierten Skeletthand, die in einem Kasten hinter dem Schirm befestigt ist. Ein Stiel und Handgriff, der mit einer Bleikappe zum Schutze der Hand des Untersuchers versehen ist, vervollständigen den Apparat. Die Skeletthand liegt auf einer entsprechend ausgeschnittenen Zinnfolie, die als Ersatz für die Fleischteile der lebenden Hand dient und bei Durchleuchtungen die Konturen einer solchen wiedergibt.

Beck hat daraus sein Osteoskop gemacht; eine Skeletthand und ein Vorderarm sind vor dem Leuchtschirme, verschiebbar, auf einem Brett befestigt. Schillings Testhand besteht aus einer Skeletthand, welche in einen Handschuh gesteckt und mit einer Wachsmasse von der ungefähren Durchlässigkeit der Handweichteile umgossen ist. In das Wachs sind kleine Nadelstücke miteingebettet, so daß die hinter den Leuchtschirm gehaltene Testhand drei charakteristische, uns geläufige Schatten auf einmal zeigt. — Harras hat ein Präparat aus dem vertebralen Teile einer tierischen Rippe vor den Leuchtschirm placiert, weil die richtige Konservierung einer menschlichen Hand kaum möglich ist. — Alle diese Schirmmeßapparate erfreuen sich ihrer Handlichkeit und Einfachheit wegen mit Recht großer Beliebtheit und Verbreitung.

Wir haben im vorigen Kapitel unter anderem gesehen, daß wir dem inneren Widerstand jeder Röntgenröhre mit der Spannung des sekundären Stromes folgen müssen, so daß also einer gasreichen Röhre mit weicher Normalstrahlung eine Funkenlänge von 6—12 cm entspricht, während eine gasarme Röhre mit harter Strahlung zur richtigen Belastung mehr als 15 cm Funkenlänge, gemessen parallel zur Röhre, braucht. Ja, wir wissen seit Röntgen, neuerdings durch sehr exakte Versuche von Klingelfuß, Walter, Dessauer u. a., daß eine höhere, der Röhre zugeführte Spannung Röntgenstrahlen von höherer Durchdringungskraft auslöst. Kurz, die parallel zur Röhre geschaltete Funkenstrecke ist ebenfalls für den darauf Eingeübten ein Schätzungsmaß der jeweiligen Röntgenstrahlenspannung, wie Klingelfuß sehr gut die Röhrenhärte genannt hat. Bei der Besprechung der automatischen Regeneriervorrichtungen haben wir bereits die gleiche Schätzung zwecks Vermeidung zu harter Röntgenstrahlung angewandt.

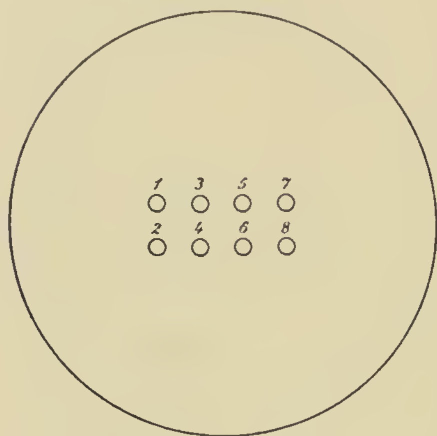
Die Funkenstrecken zur schätzungsweisen Messung der Strahlenhärte werden auf Wunsch für jedes Instrumentarium geliefert; desgleichen ungefähre Angaben über das Verhältnis der Skalaeinteilung zur Röhrenhärte. (Sehr weich = Nebenschlußfunkenlänge von 1—6 cm, weich = 6—10 cm, mittelhart = 10—15 cm, hart = 15—20 cm, sehr hart = 21 cm und mehr; diese Zahlen sind aber sehr ungenau!) Um die Röntgenstrahlenspannung zu messen, wird der Strom bei eingeschalteter Röhre durch die genäherten Pole der Funkenstrecke (Platte und Spitze) geschickt. Nun zieht man die Spitze langsam von der Platte weg, gibt entsprechend

mehr Strom, bis die Röhre normal arbeitet, während an der Funkenstrecke der Stromausgleich bis auf einzelne Entladungen erlischt. Man liest dann die Funkenlänge in Zentimetern ab.

Wir gehen nunmehr zu den eigentlichen Instrumenten über, mit deren Hilfe wir das Durchdringungsvermögen einer Röhrenstrahlung bei jeder Belastung ablesen können.

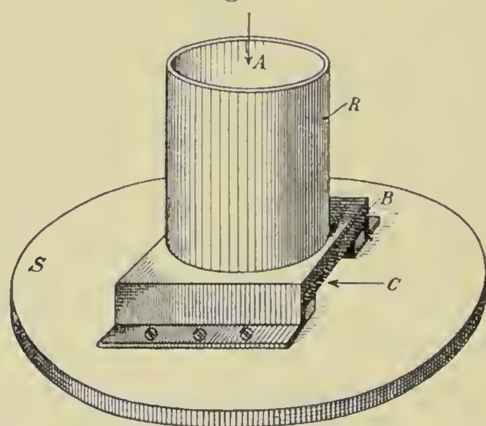
Als erster hat Biesalski-Berlin ein solches Instrument konstruiert, Bose-Gießen folgte mit einem ähnlichen. Die Skala bestand bei Biesalski aus 36 Stanniolfeldern, die entsprechend ihrer Dicke numeriert waren, so daß unter Nr. 1 ein Blatt Stanniol lag, unter Nr. 10 zehn Blatt usw. bis Nr. 36; die Skala lag hinter einem Bariumplatincyanürschirm, der den Boden eines Pappkastens nach Art eines Kryptoskops bildete. Die höchste noch ablesbare Fensterzahl gab die Maßzahl für die Durchdringungsfähigkeit des Röntgenlichtes.

Fig. 96.



Sehr einfach ist die weitverbreitete Härteskala nach Walter, welche das Durchdringungsvermögen ebenfalls durch die Dicke derjenigen Platinschicht ausdrückt, welche von den jeweiligen Strahlen eben noch durchleuchtet wird. Zu diesem Zwecke sind in einer 2 mm dicken Bleischeibe von etwa 20 cm Durchmesser in der Weise, wie in Fig. 96 dargestellt ist, 8 runde Löcher von je 6 mm Durchmesser und 10 mm gegenseitigem Abstand angebracht und darauf in der in der Figur angegebenen zickzackförmigen Reihenfolge je ein Platinblech von bzw. 0,005, 0,01, 0,02, 0,04, 0,08, 0,16, 0,32 und 0,64 mm Dicke befestigt, so daß also die Dicke des Platins von einem Felde zum anderen jedesmal auf das Doppelte steigt. Die Bleischeibe wird dann der Sauberkeit und Haltbarkeit wegen allseitig mit dünnem Holze umkleidet, dann auf ihrer in Fig. 97 dargestellten Rückseite bei C zunächst ein kleiner Bariumplatincyanürschirm und dahinter schließlich ein dickes Stück Bleiglas angebracht, das von dem Messingkasten B gehalten wird, an dem endlich noch das als Handgriff dienende länglichrunde Messingrohr R angelötet ist.

Fig. 97.



Zur Bestimmung der Härte einer Röntgenröhre hält man nun die Skala an dem Handgriff so, daß ihre Vorderseite, die in Fig 97 nach unten zu gekehrt ist, sich in der Nähe der Glaswand der Röhre befindet und auf dem sie durchsetzenden Strahlenbündel nahezu senkrecht steht. Blickt

man dann in der Richtung A in das Rohr R hinein, so sieht man auf dem Leuchtschirm eine Anzahl heller runder Kreise, die natürlich daher rühren, daß die Strahlung die betreffenden Platinfelder der Skala durchdrungen hat. Die Zahl dieser Felder wird nun um so größer sein, je größer das Durchdringungsvermögen der zu untersuchenden Strahlung ist, und so kann die Zahl der in der Skala sichtbaren Felder direkt zur Bezeichnung der Härte der Röntgenröhre dienen. Eine Röhre z. B., bei der man 7 von den 8 Feldern der Skala aufleuchten sieht, hat demnach die Härte 7 W, und eine andere, deren Strahlung nur 3 Felder zu durchdringen vermag, die Härte 3 W, wobei der hinter die Zahlen gesetzte Buchstabe W die Art der in diesem Falle benutzten Skala — zum Unterschiede von den später zu bezeichnenden Instrumenten dieser Art — andeutet.

Zu bemerken ist ferner noch, daß der hinter den Feldern der Skala angebrachte Leuchtschirm sich in der Richtung des in Fig. 97 gezeichneten Pfeiles C etwas hin und her schieben läßt, um so längere Zeit bestrahlte Stellen des Schirmes ausruhen und andere Stellen aufleuchten zu lassen. Der Beobachter soll übrigens mit den Augen nicht bis unmittelbar an das Rohr R herangehen, sondern zum deutlicheren Erkennen der hellen Kreise in etwas Abstand bleiben. Die Dicke der Platinbleche ist so gewählt, daß die Härte 1 einer Röhre zukommt, mit der man auf dem Leuchtschirm nur die Umrisse, nicht aber die Knochen der Hand sieht, während sich anderseits eine solche mit der Härte 8 selbst für die Durchleuchtung des stärksten Unterleibes noch als zu hart erweist.

Um die dem Beschauer abgewandte Röhre auch aus dem Schutzhause heraus bezüglich der Härte beobachten zu können, haben Albers-Schönberg und Walter die Skala derart umgeändert, daß die drei stärksten Platinfelder, die hier überflüssig waren, weggelassen und dafür zwischen die vier vorhergehenden Felder je eines mit mittlerer Platindicke zwischengeschoben wurde, so daß also die Dicke des Platins in den 8 Feldern dieser Härteskala nach Walter und Albers-Schönberg der Reihe nach bzw. 0,005, 0,01, 0,015, 0,02, 0,03, 0,04, 0,06 und 0,08 mm beträgt.

Die Härtenummer der Röhre in dieser Skala deckt sich dann für die genannte Beobachtungsweise nach Albers-Schönberg annähernd mit derjenigen der Walter-Skala bei Nahbeobachtung[1]).

Die Härteskala von Benoist-Paris wurde auf Grund der Tatsache konstruiert, daß die Durchlässigkeit z. B. des Silbers sich gegenüber den Strahlungen verschieden harter Röntgenröhren in viel geringerem Grade ändert als die des Aluminiums. Um eine Scheibe aus 0,11 mm dickem Silberblech sind 12 Sektoren angeordnet, die aus 1, 2, 3, 4 bis 12 mm dickem Aluminiumblech bestehen. Die Qualität einer Röhre wird derart

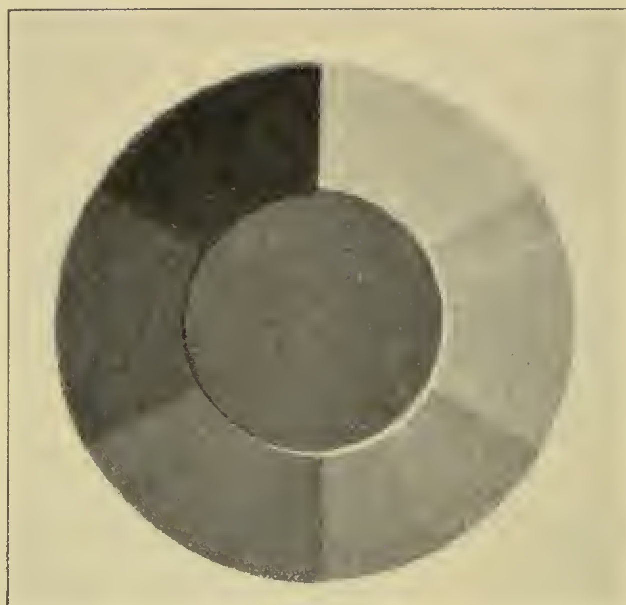
---

[1]) Diese Skalen werden von R. Seifert & Co. in Hamburg hergestellt.

bestimmt, daß auf dem vor die Skala gehaltenen Leuchtschirm derjenige Aluminiumsektor gesucht wird, welcher die gleiche Helligkeit wie die Silberscheibe aufweist. Die Änderung der Entfernung des Instrumentes von der Röhre oder die Veränderung ihrer Belastung ändern nichts am Resultat, da die Felder beide gleichmäßig heller oder dunkler werden.

Walter hat die Skala von Benoist dahin abgeändert, daß in derselben — unter Beibehaltung des mittleren, 0,11 mm dicken Silberbleches — zunächst statt der zwölf äußeren Aluminiumfelder nur deren sechs verwandt, d. h. immer je zwei der Benoistschen Felder zu einem einzigen zusammengezogen wurden. Ferner wurde die Dicke der Aluminiumfelder nicht wie in der ursprünglichen Benoistschen Skala nach einer arithmetischen Reihe erster, sondern nach einer solchen zweiter

Fig. 98.



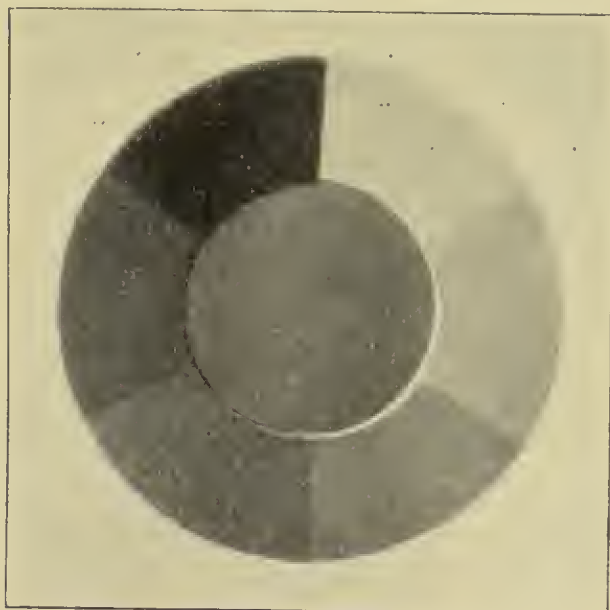
Ordnung abgestuft. Die Dicke des Aluminiums in den sechs Feldern dieser Skala beträgt nämlich bzw. 2,0, 2,4, 3,2, 4,4, 6,0 und 8,0 mm.

Daß auf diese Weise tatsächlich eine nahezu vollkommen gleichmäßige Abstufung der Felder gegeneinander resultiert, wird aus den beiden, in den Fig. 98 und 99 in natürlicher Größe wiedergegebenen Durchleuchtungsbildern einer solchen Skala deutlich, die mit zwei verschieden harten Strahlungen erhalten sind, und die zugleich einen Begriff von der bei diesen Skalen benutzten Numerierungsmethode geben. Die Feldnummer wird nämlich hier ähnlich wie bei den Ziffern der Uhr oben von der Trennungslinie des höchsten und niedrigsten Feldes aus nach rechts herum gerechnet, so daß man also die Skala stets so in die Hand zu nehmen hat, daß jene Linie nach oben zeigt, wie dies auch in den beiden Figuren der Fall ist. Durch Abzählen nach rechts herum sieht man dann, daß in Fig. 98 das Mittelfeld gleich dunkel mit dem fünften Außenfelde links ist, während seine Helligkeit in Fig. 99 zwischen der

des dritten und vierten Außenfeldes unten und zwar dem letzteren etwas näher liegt als dem ersteren. In Fig. 98 ist demnach die Härte der in Frage kommenden Strahlung gleich 5 B W, in Fig. 99 dagegen etwa $3^3/_4$ B W[1]).

Wehnelt hat das Radiometer von Benoist derart verändert, daß er das Silberblech in Form eines länglichen Streifens anordnete mit daneben gelegtem keilförmigen Aluminiumklotz. Beide zusammen werden durch Trieb- und Zahnstange vor einem kleinen Bariumplatincyanürschirm, der sich am Ende eines Guckkastens befindet, vorübergeführt, bis man die Stelle gefunden hat, an welcher der Aluminiumkeil ebenso hell durchleuchtet ist als der Silberstreifen. Es werden also auch bei diesem Instrument die ungleichen Transparenzänderungen zur Messung benutzt, die zwei verschiedene Körper aufweisen, sobald die Qualität

Fig. 99.



der X-Strahlen wechselt. Ein Zeiger gibt an der angebrachten Skala den Härtegrad nach Wehnelt-Einheiten an. Die Messung, die durch den übrigens mit Griff und Schutzplatte versehenen Guckkasten natürlich auch bei Tageslicht vorgenommen werden kann, ist sehr genau, da nur das schmale Vergleichsfeld sichtbar ist und da keine Stufen vorhanden sind.

Christen - Bern hat als Maß für die Qualität der Röntgenstrahlen deren Halbwertschicht im destillierten Wasser eingeführt, d. h. diejenige Schichtdicke destillierten Wassers, gemessen in Zentimetern, welche von der einfallenden Strahlung gerade die Hälfte absorbiert und die Hälfte durchläßt.

---

[1]) Die Ausführungen über die Walter-Skala und die Benoist-Walter-Skala, desgleichen die folgende Zusammenstellung in einer Tabelle sind mit liebenswürdiger Erlaubnis von Prof. Walter der „Röntgentechnik von Albers-Schönberg“ entnommen.

Je weicher die Strahlung, desto dünner ist ihre Halbwertschicht; je härter eine Strahlung, desto dicker ist ihre Halbwertschicht, d. h. um so tiefer kann die Strahlung eindringen, bevor sie durch Absorption die Hälfte ihrer Intensität eingebüßt hat. Da die Absorptionsfähigkeit in den menschlichen Weichteilen so gut wie gleich der im destillierten Wasser oder in dem festen Material Bakelit ist, so wurde aus praktischen Gründen dieses Bakelit von Christen für seinen Härtemesser[1]) gewählt. Der Röntgenist muß nun diejenige Dicke einer Bakelitschicht ausfindig machen, welche von einer gegebenen Strahlung gerade die Hälfte absorbiert und die Hälfte durchläßt. Den Vergleich vermittelt die sogenannte Halbwertplatte, die durch ein Metallblechsieb dargestellt wird, bei dem der Querschnitt sämtlicher Löcher gleich dem Querschnitt des stehengebliebenen Bleches ist.

Die von der Röntgenröhre ausgehende Strahlung fällt also bei dem Härtemesser durch das Bakelit und durch die Halbwertplatte nebeneinander auf einen Fluoreszenzschirm, dessen Schichtseite dem Beobachter zugekehrt ist. Durch einen größeren Abstand zwischen Halbwertplatte und Fluoreszenzschirm sowie durch die stets vorhandene räumliche Ausdehnung des Brennfleckes (Fokus) wird das Fluoreszenzbild der Sieblöcher nicht scharf, sondern verwaschen sein, und es entsteht somit auf dem Fluoreszenzschirm eine gleichmäßige Fluoreszenz, deren Helligkeit natürlich halb so groß (Halbwert) ist als beim direkten Auftreffen der Strahlen ohne die Halbwertplatte. Mit dieser Fluoreszenzhelligkeit wird diejenige Helligkeit verglichen, welche von Röntgenstrahlen erregt wird, in deren Bahn der Bakelitkörper liegt, dessen Absorptionsfähigkeit genau gleich der des Wassers ist. Der Bakelitkörper ist treppenförmig abgestuft und kann mit Hilfe eines Zahntriebes hin- und hergeschoben werden. Es wird nun diejenige Dicke des Bakelitkörpers durch den optischen Vergleich der beiden Fluoreszenzfelder gesucht, bei welcher die Fluoreszenzhelligkeit beider Felder genau die gleiche ist. Die jeweilige Dicke des Bakelitkörpers gleich der Halbwertschicht in Zentimetern wird abgelesen an einer seitlichen Skala. Die Messung ist also praktisch genau die geiche, wie sie mit dem Präzisionskryptoradiometer von Professor Wehnelt ausgeführt wurde.

Um ein einwandfrei richtiges Resultat bei der Messung zu erhalten, muß das Instrument unbedingt so gehalten werden,

1. daß die Vergleichsfelder die größtmögliche Breite haben und

2. daß an der Grenze der Vergleichsfelder weder eine helle noch eine dunkle Trennungszone auftritt. Nur dann haben die eintretenden Strahlen die korrekte Richtung parallel zu den Löchern der Halbwertplatte.

---

[1]) Der Härtemesser nach Christen wird von Reiniger, Gebbert und Schall hergestellt.

Die folgende Tabelle nach Walter und Albers-Schönberg gibt eine Gegenüberstellung der verschiedenen Härtemesser:

Skala	Bezeichnung	Skalennummern							
Benoist	B	2	2½	3	4	5	6	7	8
Benoist-Walter	BW	1	2	3	4	4½	5	5½	6
Wehnelt	We	1,8	3,3	4,9	6,5	7,3	8,0	8,8	9,6
Walter	W	2—3	3—4	4—5	5—6	6	6—7	7	7—8
Christen	C	—	—	0,63	0,75	0,88	1,00	1,18	1,35
Funkenlänge der Röhre in cm		1—4	3—6	5—10	6—12	7—15	8—18	10—25	12—30

Für die rein röntgenographischen Zwecke genügt übrigens die von C. Beez-Berlin gefertigte einfache und billige Skala, die mit fünf Feldern eingerichtet ist. Dieselbe ist bei mir auf der Rückseite des Chiroskopschirms ein für allemal befestigt. Je nach der Beschaffenheit der Röhre erscheinen 1—5 Buchstabenfelder transparent (5 Buchstaben = sehr hart, 4 = hart, 3 = mittelhart, 2 = weich, 1 = sehr weich).

Die bisher beschriebenen Meßinstrumente stellen an die genaue Beobachtung beträchtliche Anforderungen, so daß größere subjektive Schwankungen im Ablesen resultieren. Deshalb ist man dazu übergegangen, Zeigerinstrumente zu konstruieren, die ein eindeutiges bequemes Ablesen gestatten. Diese Art Sklerometer fußen darauf, daß die Härte der Röntgenstrahlen der Spannung des sie erzeugenden elektrischen Stromes (der gedämpften Welle oder Grundschwingung) proportional ist.

Derart eingerichtet ist das Sklerometer von Klingelfuß-Basel, welches, dauernd im Sekundärstromkreis eingeschaltet und auf der Schalttafel im Schutzhaus angebracht, fortlaufend die Härte einer Röhre mit so großer Präzision anzeigt, daß seine Angaben an einer Skala mit absoluter Teilung in Verbindung mit den Angaben eines Milliamperemeters direkt den Röntgeneffekt geben; daraus resultiert eine sehr zuverlässige Meßmethode.

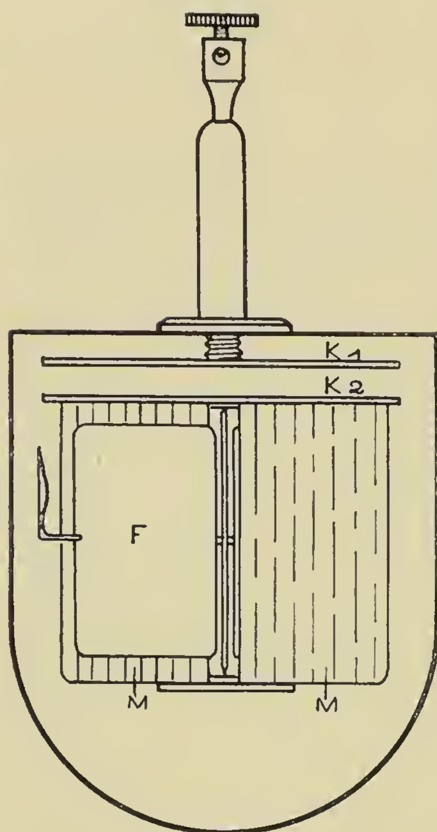
Aus bestimmten physikalischen Gründen kann aber das Sklerometer Klingelfuß nicht ohne weiteres an jedes beliebige Induktorium angeschlossen werden, sondern dasselbe muß zum Sklerometer passend gebaut sein.

Ähnlich verhält es sich mit dem Qualimeter von Heinz Bauer (Fig. 100), das an jeden Röntgenapparat angeschlossen werden kann.

Das eigentliche Instrument besteht aus den feststehenden Metallflächen (M), zwischen denen sich eine Achse befindet, an der zwei Flügel (F) befestigt sind. Der eine Flügel trägt einen Zeiger, der über einer Meßskala,

die sich bei geschlossenem Instrument ablesen läßt, spielt. Bei Anschluß an eine Hochspannungsleitung laden sich Flügel und Metallflächen gleichnamig auf, und es kommt zu einer Abstoßung. Der Ausschlag dieser Abstoßung ist direkt proportional der angelegten Spannung. Um nun diesem Instrument Spannungen, wie sie im Röntgenbetrieb herrschen, zuführen zu können, ist dem eigentlichen Elektrometer ein Kondensator, bestehend aus zwei runden, sich gegenüberstehenden Metallplatten (K_1 und K_2), vorgeschaltet, von denen K_1 zum Zweck leichterer Eichung durch eine Schraube verstellbar ist. In einem solchen Kondensator kommt es zu einem Potentialabfall, entsprechend der Entfernung der beiden Platten voneinander, so daß bei genügend großem Abstand der Platten das Instrument für die Meßbereiche des Sekundärkreises verwendbar wird. Die obere Platte ist an einem Metallstift befestigt, an dem das Instrument aufgehängt wird, so daß es sich immer in lotrechter Lage befindet. Dieser Metallstift wird mit Hilfe eines dünnen Drahtes mit irgend einem Punkt der Kathodenleitung — sei es der negativen Klemme des Induktors, sei es der Kathodenanschlußöse der Röntgenröhre — verbunden und zwar derart, daß das Qualimeter in einem Abstand von wenigstens 30 cm von allen elektrostatisch wirksamen Gegenständen hängt.

Fig. 100.



Wie nun dieselbe Röhre je nach der Betriebsweise am Induktor, am Grissonator, am Gleichrichterapparat verschieden arbeitet, so zeigt natürlicherweise auch das Qualimeter entsprechend verschiedene Werte an. Für den einzelnen Röntgenisten an einem bestimmten Röntgenapparat hat also das Qualimeter seinen unanfechtbaren Wert dadurch, daß es alle durch verschiedene Belastung oder durch Veränderung der Unterbrechungszahl hervorgerufenen Härteschwankungen selbsttätig anzeigt und so gestattet, die Qualität der Röhre während der ganzen Betriebsdauer von einem strahlensicheren Orte aus zu überwachen.

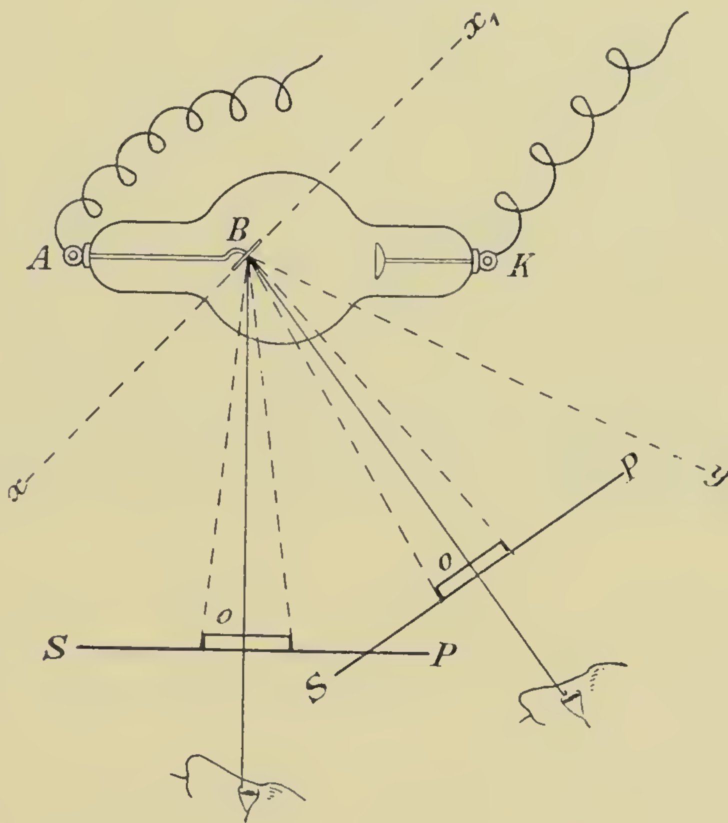
Eine ähnliche Konstruktion hat das Radioskleromter von Villard.

Ausbreitung der Röntgenstrahlen.

Fig. 101 zeigt uns eine schematisch gezeichnete Röntgenröhre, rechts K = Kathode mit Aluminiumhohlspiegel, links A = Anode zugleich Antikathode mit Platinspiegel. Ist die Röhre in Tätigkeit, gehen von

B = dem Mittelpunkt des Platinspiegels resp. seiner Umgebung geradlinig nach allen Richtungen die Röntgenstrahlen aus, und zwar hatte Röntgen festgestellt, daß die Bestrahlung einer über dem Platinspiegel als Mittelpunkt konstruiert gedachten Halbkugel fast bis zum Rande derselben eine nahezu gleichmäßige ist. Erst bei einem Emanationswinkel von etwa 80° der X-Strahlen konnte Röntgen den Anfang einer Abnahme der Bestrahlung bemerken, und auch diese Abnahme ist noch eine relativ geringe, so daß die Hauptänderung der Intensität zwischen 89° und 90° vorhanden ist. Einen Unterschied in der Art der unter verschiedenen Winkeln emittierten Strahlen konnte er nicht bemerken.

Fig. 101.



„Infolge der beschriebenen Intensitätsverteilung der X-Strahlen müssen die Bilder, welche mit einer Lochkamera — bzw. mit einem engen Spalt — von der Platinplatte, sei es auf dem Fluoreszenzschirm oder auf der photographischen Platte, erhalten werden, um so intensiver sein, je größer der Winkel ist, den die Platinplatte mit dem Schirm oder der photographischen Platte bildet; vorausgesetzt, daß dieser Winkel 80° nicht überschreitet. Durch geeignete Vorrichtungen, welche gestatteten, die bei verschiedenen Winkeln mit derselben Entladungsröhre gleichzeitig erhaltenen Bilder miteinander zu vergleichen, konnte ich diese Folgerung bestätigen.“

„Auch mit Rücksicht auf die Technik der Herstellung von Schattenbildern mittels X-Strahlen haben die Beobachtungen über die Intensitätsverteilung der von der Platinplatte ausgehenden Strahlen eine gewisse

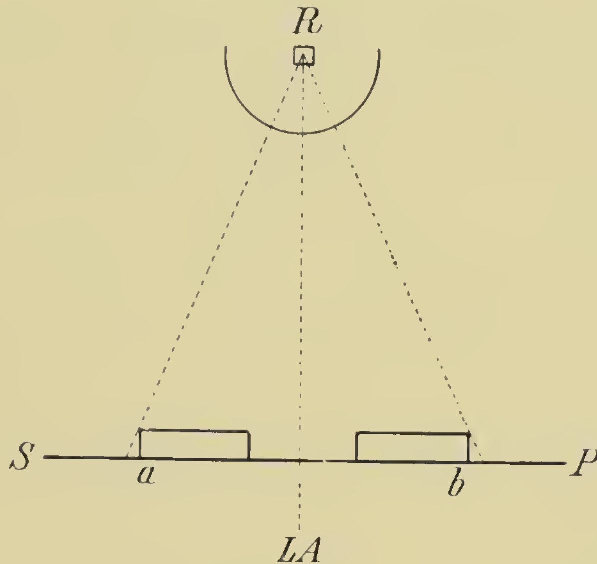
Bedeutung. Nach dem oben Mitgeteilten wird es sich empfehlen, die Entladungsröhre so aufzustellen, daß die zur Bildererzeugung verwendeten Strahlen das Platin unter einem möglichst großen, jedoch nicht viel über 80° hinausgehenden Winkel verlassen. Dadurch erhält man möglichst scharfe Bilder, und wenn die Platinplatte und die Konstruktion der Röhre eine derartige ist, daß die schräg emittierten Strahlen keine wesentlich dickere Glaswand zu durchlaufen haben als die senkrecht von der Platinplatte ausgehenden Strahlen, so erleidet auch die Bestrahlung des Objektes durch die angegebene Anordnung keine Einbuße an Intensität."

Die Linie x und x_1 bezeichnet also die äußerste Grenze der den Platinspiegel verlassenden Röntgenstrahlen. Da nun die untere Hälfte der Glaskugel ganz und gar im Bereich der Röntgenstrahlen liegt, verwenden wir natürlich nur diese; der Strahlenkegel x B y soll die Lichtgrenze darstellen. Die Strahlen, die ganz nahe B x und B y verlaufen, werden wir nicht nehmen, da diejenigen bei B x zu nahe der Platinspiegelebene verlaufen, ferner beide infolge der unvermeidlich größeren Glaswandstärke in der Nähe des Kathoden- und Anodenfortsatzes in ihrer Kraft beeinträchtigt werden. Der dazwischenliegende Raum ist immer noch sehr ausgedehnt. Wie also bereits Röntgen empfohlen hat, röntgenographieren wir mit einer Röhre und Objektstellung, die der linken Stellung der Fig. 101 entspricht. Nur muß man, wenn große Platten von 40:50 cm verwandt werden, genau darauf achten, daß wirklich alle Teile der Platte von den Röntgenstrahlen getroffen werden. Noch wichtiger ist aber folgende Vorschrift.

Um ungleichmäßige Verzerrungen der Bilder zu vermeiden, soll man immer die Röhre so zur Platte stellen, daß sich die Mitte des Platinspiegels senkrecht über der Mitte der Platte und des daraufliegenden Objektes befindet, so daß also stets auf die Mitte der Platte ein Strahlenbündel senkrecht auffällt. Wir haben dies in unserer Zeichnung zum Ausdruck gebracht. Wir sehen daraus, daß es nicht darauf ankommt, ob der Schirm oder die Platte S—P parallel zum Platinspiegel steht, nur muß immer das zu röntgenographierende oder zu durchleuchtende Objekt O in der Mitte liegen, wenigstens mit seinem wichtigen Teile, und es muß eine Senkrechte, die im Mittelpunkt der Platte errichtet wird, einmal die Mitte des Platinspiegels treffen und anderseits das diesseits des Schirmes betrachtende Auge. Nennen wir ein für allemal dieses Strahlenbündel in bezug auf das menschliche Auge die Lichtachse. Wenn wir dann bei Durchleuchtungen betonen, der oder jener Teil des Objektes muß sich in der Lichtachse befinden, so ist damit genau präzisiert, wie wir das meinen. Ebensowenig brauchen wir immer zu sagen, der Platinspiegel stand bei der Aufnahme senkrecht über diesem Punkte, sondern einfach: Dieser Punkt befand sich in der Lichtachse.

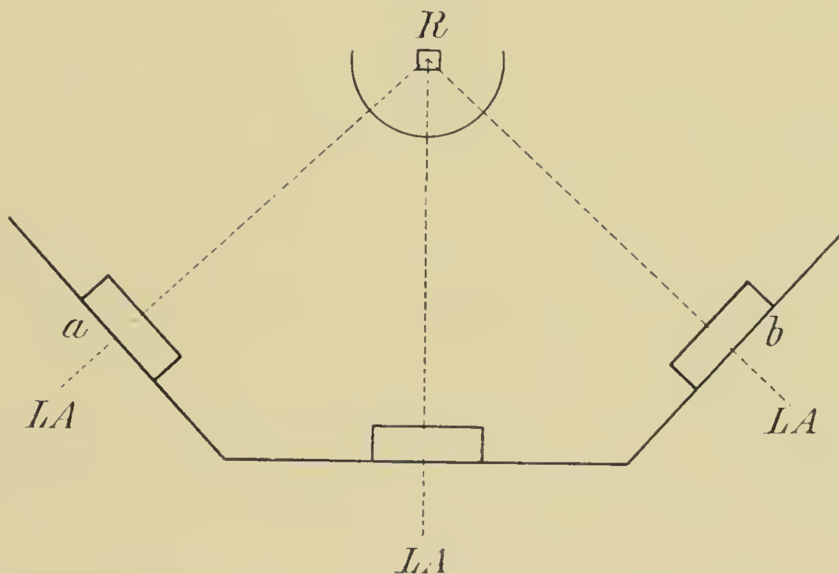
Fast täglich kommt es vor, daß man von beiden Händen, Füßen, Kniegelenken usw. Vergleichsaufnahmen braucht. Man muß dann entweder zwei Aufnahmen hintereinander machen oder man legt z. B. beide Hände auf eine Platte. Im letzteren Falle verzichtet man dann auf das Prinzip, daß der wichtigste Teil des Objektes jedesmal in der Lichtachse liegen soll.

Fig. 102.



Wir sehen in der Fig. 102 schematisch dargestellt, daß die beiden korrespondierenden Objekte a und b seitlich von der Lichtachse L A auf der Platte S P liegen und demgemäß schräg projiziert werden.

Fig. 103.

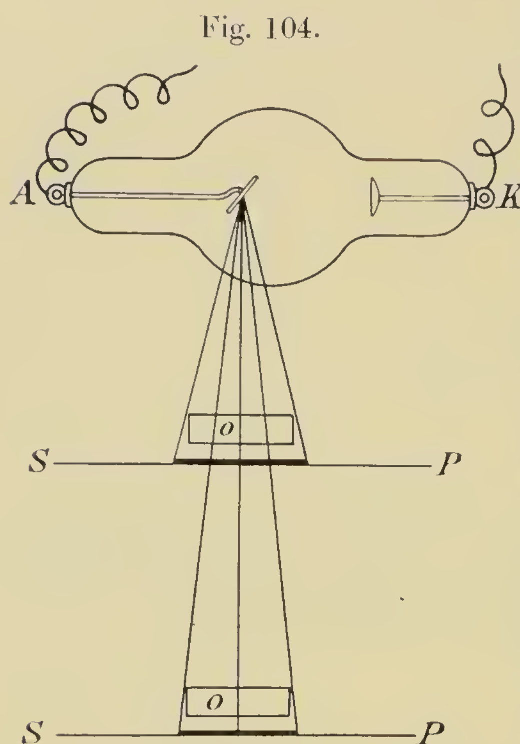


Aus der folgenden Fig. 103 wird die Anordnung ersichtlich, welche gestattet, von beiden Objekten a und b richtig projizierte Aufnahmen zu machen; a und b liegen beide in der Lichtachse dadurch, daß sie auf zwei schiefe Ebenen rechts und links aufgelegt werden, deren Neigungswinkel zur mittleren Grundfläche jederseits 45° beträgt. (Auch die Mitte

des Grundbretts liegt in der Lichtachse.) Der nach diesem Prinzip von mir angegebene Apparat[1]) enthält außer den paarweise angeordneten vier schiefen Ebenen, die in der Längsrichtung auf dem Grundbrett verschieblich und zur Fixierung der Körperteile mit Bandkompressorien versehen sind, noch zweckmäßig angebrachte Zentimetereinteilungen, die eine genau symmetrische Einstellung der Körperteile und der Röhre ermöglichen.

Dient die eben beschriebene Vorschrift dazu, möglichst unverzerrte Bilder zu bekommen, so wollen wir gleich hiermit im Zusammenhang die weiteren Punkte besprechen, die von Wichtigkeit sind, ein recht scharfes Bild zu erhalten.

Fig. 104.



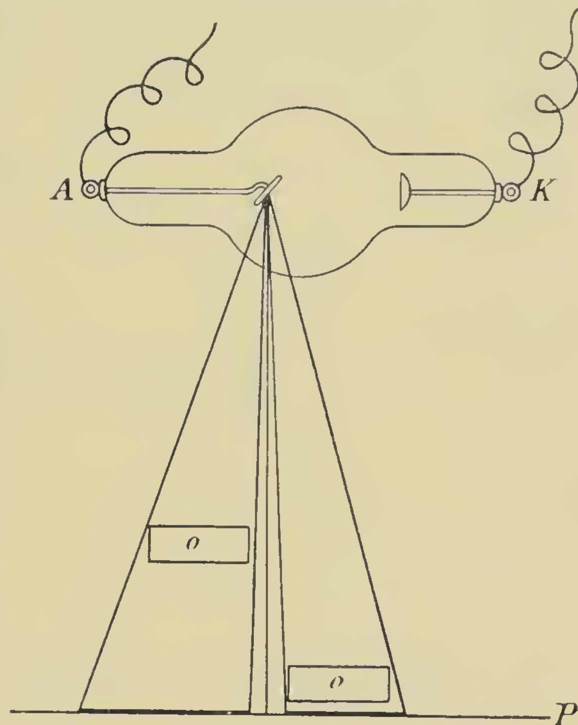
Da spielt zunächst die Größe des Brennfleckes auf dem Platinblech und außerdem, wie wir bereits früher ausgeführt haben, das Festliegen desselben genau an einem Punkt die größte Rolle. Je kleiner die Strahlfläche ist, eine desto feinere und schärfere Zeichnung erhalten wir naturgemäß.

Das Bild wird ferner um so klarer und anatomisch richtiger, je größer wir die Entfernung zwischen Platte und Platinblech nehmen. Je mehr wir uns mit einem Objekt und der Platte der Strahlenquelle nähern, um so größer wird sein Bild sein. Eine schematische Darstellung dieses bekannten Gesetzes gibt uns Fig. 104. Wir sehen, wie das Objekt O bei doppelter Entfernung auf dem Schirm oder der Platte S—P ein Bild gibt, das der wirklichen Größe von O viel mehr entspricht als das bei der halben Entfernung auf S—P entworfene stark vergrößerte Bild. Aber auch hier sind Grenzen gesetzt. Experimentell wurde von Röntgen nachgewiesen, daß die Intensität der X-Strahlen genau wie die des Lichtes mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt. Wir müssen also bei doppeltem Abstand zwischen Antikathode und Platte die Expositionszeit unter sonst gleichen Verhältnissen etwa auf das Vierfache erhöhen; d. h. wir werden für eine Handaufnahme, die wir bei 20 cm Entfernung in 1 Sekunde machen, bei 40 cm Fokusabstand erst in 4 Sekunden ein gutes Bild erzielen. Walter betont mit Recht, daß mit der Verlängerung der Expositionszeit die Wahrscheinlichkeit wächst, daß sich die zu röntgenographierende Person bewegt, so daß der Vorteil des klareren Bildes bei großem Abstand da-

[1]) Lieferant: Reiniger, Gebbert & Schall, Erlangen.

durch wieder aufgehoben wird. Es ist deshalb empfehlenswert, niemals aus größerer Entfernung zu arbeiten, als für die Schärfe des Bildes unbedingt erforderlich ist. Wir werden also bei kleineren und dünneren Objekten den Abstand geringer nehmen, z. B. bei einzelnen Fingern nur 25 cm, beim Ellbogen 25—30 cm, beim Knie 35—50 cm, um so mit der Dicke der einzelnen Körperteile entsprechend zu steigen. Für Beckenaufnahmen und Brustaufnahmen Erwachsener dürfte man bei normaler Körperstärke mit etwa 50—60 cm auskommen, hat man es mit sehr dicken oder sehr breit gebauten Personen zu tun, muß man eventuell den Abstand noch größer nehmen. Dem Anfänger kann man eine recht praktische Regel mit auf den Weg geben. Da wir uns meist dem aufzunehmenden Objekt mit der Plattengröße anpassen, nehmen wir diese als Normalmaß für den Abstand, und zwar ihre Länge. Wir sagen also: Bei einer Platte von 8 : 12 cm beträgt die Länge 12 cm und wir nehmen den Abstand zwischen Antikathode und Platte deshalb zwischen 12 und 12 + 10 = 22 cm. Bei einer Platte von 24 : 30 wählen wir die Entfernung zwischen 30 und 30 + 10 = 40 cm, bei Platten von 40 : 50 nehmen wir einen Abstand von 50—60 cm, oder mit Worten: D a s P l a t i n b l e c h s t e h t s e n k r e c h t ü b e r d e r M i t t e e i n e r P l a t t e v o n b e s t i m m t e r L ä n g e, u n d z w a r i n e i n e r E n t f e r n u n g, d i e g l e i c h d i e s e r L ä n g e o d e r b i s 1 0 c m g r ö ß e r i s t.

Fig. 105.



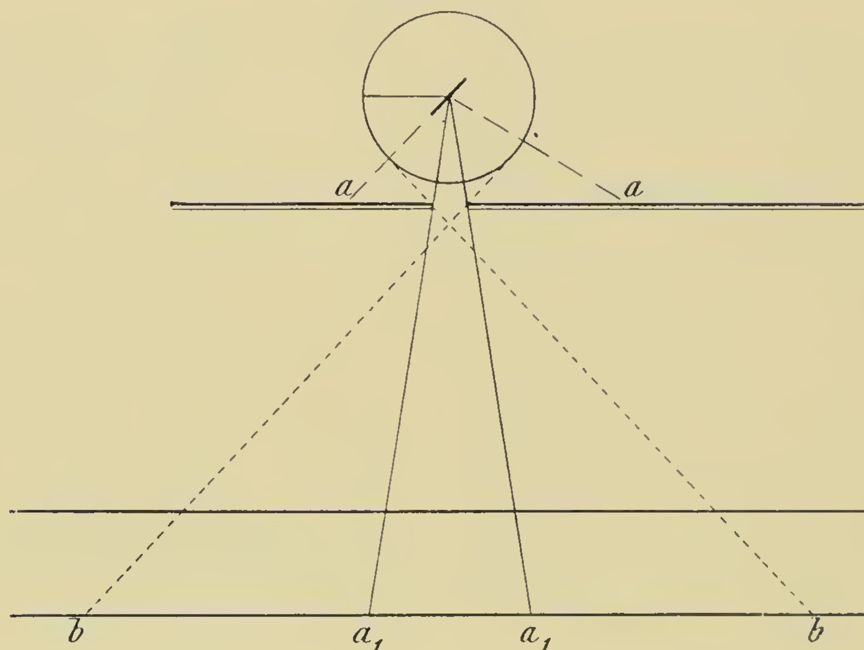
Ein weiterer wichtiger Punkt für die Schärfe und Klarheit eines Bildes ist der, daß man den zu röntgenographierenden oder zu durchleuchtenden Gegenstand der Platte oder dem Schirm so exakt wie möglich anlegt, d. h. den Abstand zwischen Objekt und Platte recht klein nimmt. Röntgenographieren wir also die Hand, so drücken wir dieselbe an den Schirm oder legen sie fest auf die photographische Platte, und zwar mit der Beugeseite, wenn uns diese, oder mit der Streckseite, wenn sie uns mehr interessiert. Wollen wir die rechte Orbita absuchen, legen wir die rechte Gesichtseite an den Schirm, brauchen wir ein genaues Bild der Wirbelsäule, legen wir den Patienten auf den Rücken. Diese kurzen Angaben mögen hier genügen, da wir im speziellen Teile noch sehr häufig, z. B. ausführlichst im Kapitel der Fremdkörper, hierauf zurückkommen. Dem-

selben Zweck dient auch die Einführung von besonders zugeschnittenen Platten ins Körperinnere, z. B. in den Mund, in die Vagina oder das Rektum. Aus Fig. 105 ersehen wir, wie gewaltig bei weitem Abstand von der Platte ein Gegenstand vergrößert erscheint gegen sein Ebenbild bei möglichst nahem Abstand.

Sekundäre Röntgenstrahlen. Bleiblenden.

Wir erinnern uns, daß besonders in hochevakuierten Röhren neben dem Platinspiegel noch alle möglichen Strahlungsherde existieren. Dies widerspricht direkt unserer zuerst aufgestellten Forderung, Röhren mit einem recht kleinen Brennfleck für die Herstellung von deutlichen, klaren Bildern zu verlangen. Ferner hatte Röntgen nachgewiesen, daß die Luft, während sie von einer in Tätigkeit befindlichen Röhre bestrahlt wird, nach allen Richtungen X-Strahlen aussendet, die ebenfalls photographisch wirksam sind. Auch an allen sonstigen und besonders an den

Fig. 106.



leicht durchlässigen Körpern wie Holz und tierisches Gewebe findet eine diffuse Reflexion der Röntgenstrahlen statt. Es wird also dann eine Trockenplatte nicht allein vom Platinspiegel und den sekundären Röhrenstrahlen aus belichtet, sondern auch die umgebende Luft, die einzelnen Gewebsteilchen des betreffenden Körperteils, auch die Holzplatte, auf der die Kassette ruht, sowie deren Wandungen wirken als sekundäre Gewebestrahlen einmal abschwächend auf die primäre Fokusstrahlung und dann die empfindliche Platte von allen Seiten erregend ein. Während nun die sekundären Röhrenstrahlen um so weniger auf die photographische Platte oder den Durchleuchtungsschirm wirken, je dicker die zu durchleuchtenden Körperteile sind, verhält es sich mit den sekundären Gewebestrahlen umgekehrt; diese nehmen an Menge und Kraft um so mehr zu, je breitere

und dickere Teile die primäre Fokusstrahlung zu durchdringen hat. Da außerdem das Durchdringungsvermögen der sekundären Gewebestrahlen dem der Focusstrahlung fast gleich ist (W a l t e r), und mit der größeren Härte letzterer immer mehr wächst, so wird das resultierende Bild um so mehr verschleiert, je voluminöser- und je flächenbreiter das zu durchleuchtende Objekt ist.

Um nun die den rechten Strahlenkegel der Antikathode durchkreuzenden sekundären Strahlen möglichst unschädlich zu machen, hat man nach dem Vorschlage von R ö n t g e n Bleihüllen mit Blenden angefertigt.

Wir verstehen schlechthin unter einer B l e n d e e i n e m i t e i n e m l o c h a r t i g e n A u s s c h n i t t v e r s e h e n e, f ü r R ö n t g e n s t r a h l e n u n d u r c h l ä s s i g e m e t a l l i s c h e S c h e i b e.

Fig. 107.

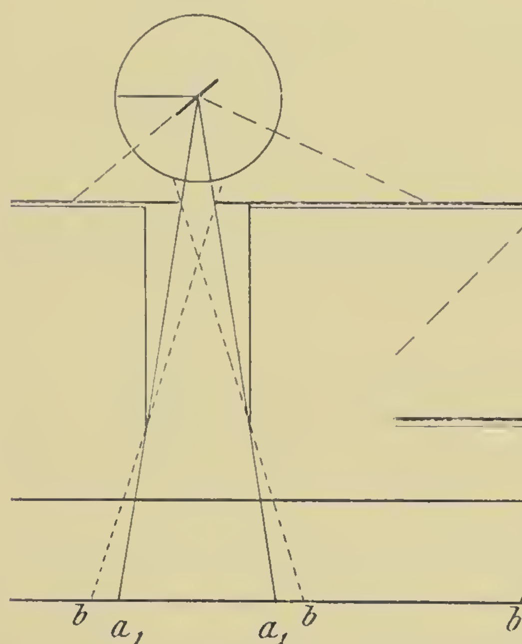
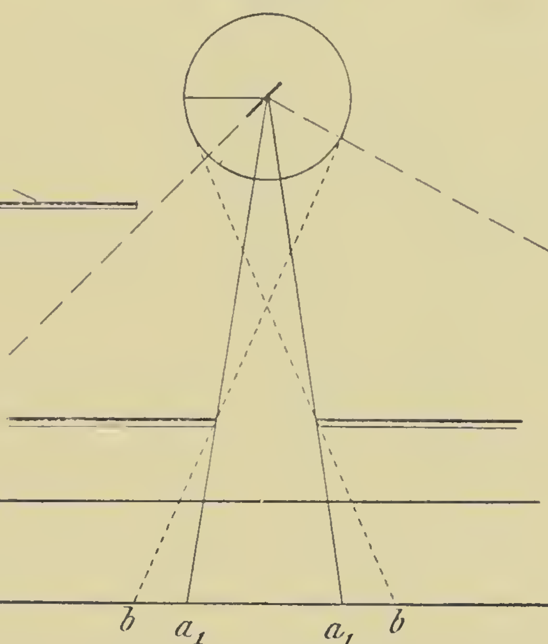


Fig. 108.



Um uns die Wirkung einer solchen Blende zur Anschauung zu bringen, verweise ich auf die drei folgenden schematischen Zeichnungen (Fig. 106, 107, 108).

Die Entfernungen zwischen Röhre und Antikathode einerseits und Blende und Platte anderseits sind so genommen, wie sie den tatsächlichen Verhältnissen entsprechen (1 mm = 1 cm). Folgende Ziffern kommen dabei in Betracht: Röhrenkugeldurchmesser 16 cm, Fokus der Antikathode 10 cm über der Blende, oberer Blendendurchmesser 3 cm, innere Blendenrohrweite 10 cm, Blendenrohrlänge 22 cm, Entfernung zwischen der oberen Blende und Platte 30 und 40 cm, wenn wir unter Platte ganz allgemein die lichtempfangende Schicht verstehen. Es ergibt sich also aus der ersten Figur hinsichtlich der Stellung und in bezug auf die Wirkungsweise der einfachen flächenhaften Blende folgendes:

Indem ich auf die Ausführungen S. 166 verweise, konstatiere ich

zunächst, daß die Mitte der Blende in der Lichtachse zu liegen hat, d. h. also eine Senkrechte in der Mitte der zwischen a_1—a_1 liegenden Platte errichtet, muß das Zentrum der Blende und das Zentrum resp. den Brennfleck (den Fokus) der Antikathode treffen. Dabei sei angenommen, daß die Bleiblende in einer zur Platte parallelen Ebene liegt. Es ergibt sich dann nach geometrischen Gesetzen, daß bei Verwendung einer kreisrunden Blende auf der Platte gleichfalls ein kreisrunder beleuchteter Bezirk entsteht; bei Verwendung einer quadratischen Blende resultiert ein quadratischer Leuchtfleck. Kurz: die Form des belichteten Bezirkes auf der Platte ist stets gleich der des Blendenausschnittes; die Größe des belichteten Bezirkes ist direkt abhängig von der Blendengröße und wächst mit zunehmender Entfernung zwischen Blende und Platte; sie nimmt ab mit zunehmender Entfernung zwischen Blende und Antikathode.

Ferner ersehen wir aus der Fig. 106, daß zunächst aus den von dem Antikathodenzentrum kommenden Strahlen a—a ein verhältnismäßig kleines ganz zentrales Bündel herausgeschnitten wird, das von a_1—a_1 auf der Platte in Wirksamkeit tritt. Dieses auf so einfache Weise gewaltig verkleinerte Strahlenquantum muß also viel weniger störende Nebenerscheinungen veranlassen. Wir wissen nun, daß in der Röhre noch alle möglichen anderen Entstehungsherde für Röntgenstrahlen gegeben sind. Diese sekundären Röhrenstrahlen werden die Platte treffen in einer Ausdehnung von b—b.

Die möglichste Einschränkung dieser Nebenstrahlung hat Albers-Schönberg in sehr sinnreicher Weise dadurch erzielt, daß er der eigentlichen Blende noch ein Abblendrohr, Fig. 107, untergesetzt hat. Bei den angenommenen Entfernungen und der Länge des Blendrohres von 22 cm entspricht der oberen Blendenweite von 3 cm eine untere Blenden- resp. Rohrweite von 10 cm. Aus der Figur ist zu ersehen, daß die Nebenstrahlung von b—b eingeschänkt ist, sie hat sich auf $^2/_7$ verkleinert. Vor allem wird aber diese Abblendung die sekundäre Gewebestrahlung herabsetzen, weil eben nur ein an Ausdehnung wesentlich beschränkter Teil des Körperteils von der Fokusstrahlung getroffen und zur Erzeugung von Sekundärstrahlung angeregt wird. Die sonstigen Vorteile des Blendenrohres werden wir weiter unten bei Besprechung der Kompressionsblende von Albers-Schönberg kennen lernen. Wir wollen noch betonen, daß natürlich dasjenige, was die Blendwirkung allein anlangt, auch durch zwei entsprechende, in derselben Entfernung übereinander aufgestellte Blenden zu erreichen ist. Doch hat die Rohrblende dieser Anordnung gegenüber allein schon den Vorteil, daß ihre Einstellung, ihre Zentrierung in die Lichtachse sehr bequem ist, daß ferner die zweite untere Blende in einem breiten Metallbrett bestehen müßte, während im Rohr die Seitenwände absorbierend auf den größten Teil der Nebenstrahlung wirken.

Aus der Fig. 108 sehen wir übrigens, daß auch durch eine einfache Blende von 10 cm Weite, in der gleichen Höhe mit der unteren Rohrapertur aufgestellt, der größte Teil der Nebenstrahlung unschädlich gemacht wird, entsprechend dem oben formulierten Gesetz, daß sich bei Entfernung des Röhrenfokus von der Blende die Leuchtfläche auf der Platte verkleinert.

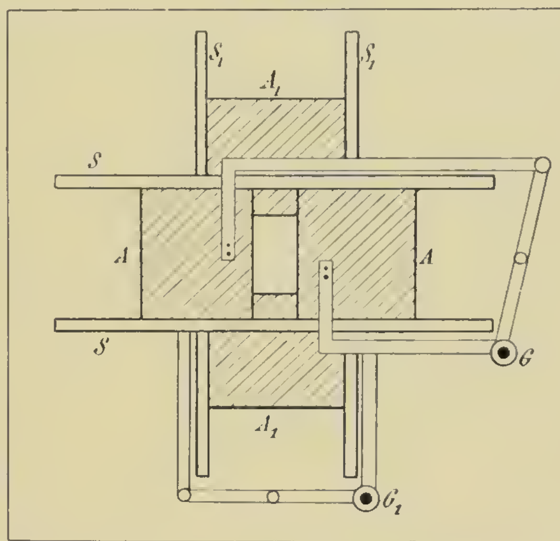
Genau wie in der photographischen Technik verwenden wir in der Röntgenographie und Röntgenoskopie verschiedene Blendenarten:

1. Metallscheiben mit kreisrunden oder viereckigen Öffnungen.
2. Irisblenden mit runden oder viereckigen Öffnungen.

Das Material sind Bleischeiben von einer Dicke zwischen 3 und 5 mm.

Nehmen wir die Blendenart Nr. 1, so müssen wir verschiedene Lochweiten vorrätig haben, von 5, 4, 3 und 2 cm; als Irisblende würden wir eine Größe verwenden, die bei weitester Öffnung ein Quadrat von 8 × 8 oder einen Kreis von 8 cm Durchmesser böte.

Fig. 109.



Eine sehr praktische viereckige und vierplattige Irisblende hat Albers-Schönberg konstruiert (Fig. 109). Er beschreibt dieselbe folgendermaßen: Auf der Grundplatte P sind die Gleitschienen S und S_1, in welchen die Bleischieber A bzw. A_1, verschiebbar eingesetzt sind, kreuzweise übereinander montiert. Die Schieber A sind mit dem Griff G durch geeignet geformte Hebel so verbunden, daß sie sich bei einer Linksbewegung des Griffes einander nähern und so die Blendenöffnung verkleinern, und umgekehrt, bei einer Rechtsbewegung des Griffes sich die Blendenöffnung vergrößert. In gleicher Weise sind die Bleischieber A_1 mit dem Griff G_1 verbunden.

Wir sind also durch diese Blende imstande, mit zwei Handgriffen die gewünschte Weite der Blende in zwei Richtungen einzustellen und uns so jeder Plattengröße bei den üblichen Entfernungen mit der Leuchtfläche anzupassen.

Die Blendengröße ist so gewählt, daß in ganz geöffnetem Zustande ein Quadrat von 8 × 8 cm resultiert.

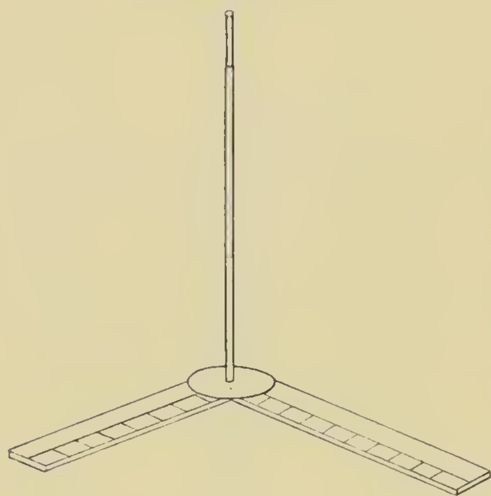
Von Dessauer ist eine verschiebliche runde Irisblende gebracht worden.

Die Einstellung der Blenden im allgemeinen erfolgt derart, daß man Platinspiegel, Mittelpunkt des Blendloches, Mitte der Platte resp. den wichtigen Teil des zu röntgenographierenden Objekts zunächst nach dem

Augenmaß in die Lichtachse bringt, zentriert. Zur genaueren Einstellung ist der folgende kleine Apparat sehr praktisch. Ein ganz planes Brettchen 10 × 10 cm ist mit einem Bariumplatincyanürschirme beklebt. Aus seiner Mitte ragt senkrecht 15 cm hoch ein Metallrohr, aus dessen 3 mm weitem Lumen sich ein Hartgummistäbchen unter leichtem Klemmen nach oben schieben läßt. Hat man hiermit sorgfältig eingestellt, setzt man die Röhre in Betrieb; der Stabschatten muß dann in sich zusammen, nicht seitwärts fallen.

Sehr vorteilhaft ist es, wenn der kleine Apparat[1]) (Fig. 110) in seinem liegenden Teil aus einem rechten Winkel besteht, dessen ganze Oberfläche mit Bariumplatincyanür beklebt ist und eine deutlich sichtbare Zentimetereinteilung trägt. Man kann dann gleichzeitig die Größe des Leuchtfeldes ablesen und auf der Unterlage durch Kreide markieren, so daß die photographische Platte mit ihrem Zentrum jedesmal genau an der richtigen Stelle liegt.

Fig. 110.



Es ist klar, daß man die Blenden auf die verschiedenste Weise unter der Röntgenröhre anbringen kann. Die früher sehr bekannte Bleikiste von W a l t e r mit Blenden war bei uns das erste derartige Instrument. Außerdem verwenden wir noch heute praktischerweise 1 mm dickes Bleiblech. Aus diesem schneiden wir 15—25 cm breite und 60—70 cm lange Stücke, die an ihren schmalen Seiten halbkreisförmige oder dreieckige Ausschnitte aufweisen. Diese Bleiplatten werden mit einem dunkelroten Flanell überzogen und den Körperteilen, die wir röntgenographieren wollen, direkt aufgelegt. Mit diesen kann man, wie mit den Winkelblenden von R o b i n s o h n[2]), beliebige Teile des Körpers zur Aufnahme herausblenden.

Eine wirklich vortreffliche und geistreiche Ausbildung des Blendverfahrens haben wir erst A l b e r s - S c h ö n b e r g zu danken.

Durch seine sorgfältigen Arbeiten und seine ausgezeichneten Aufnahmen hat er den Beweis erbracht, daß es durch das Blendenverfahren möglich ist, von allen Teilen des Körpers die besten Aufnahmen zu machen.

Was man unter einem tadellosen Röntgenbild versteht, ist bei der Verschiedenheit der Objekte, wo es einmal mehr auf Knochen, das andere Mal mehr auf Weichteile ankommt, nicht mit einem Wort zu sagen.

D a s R ö n t g e n b i l d m u ß a u f G r u n d d e s V o r a u s g e g a n g e n e n d e n d a r g e s t e l l t e n K ö r p e r t e i l i n m ö g-

[1]) Kohl-Chemnitz liefert denselben nach meinen Angaben.

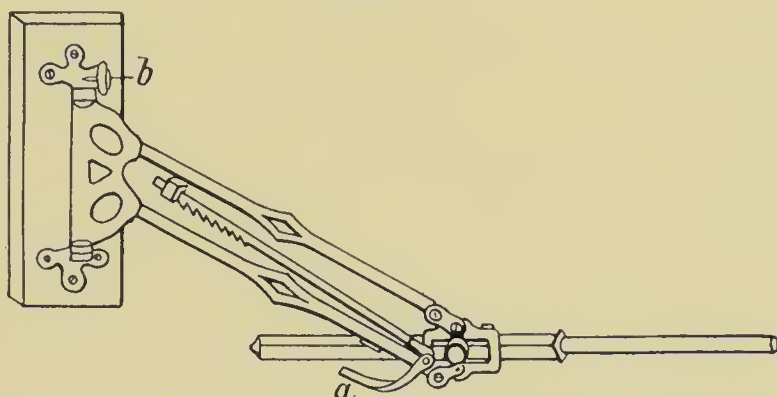
[2]) Siehe Fortschr. a. d. G. d. Röntgenstr. Bd. VIII, Heft 3, S. 183 ff.

lichst normaler Größe und in absoluter Schärfe zeigen; es dürfen keine ungleichmäßigen Verzerrungen vorhanden sein. Wir müssen nicht allein an den Extremitätenbildern, sondern auch an denen des Beckens und der Wirbelsäule die Knochenstruktur und alle sonstigen normalen oder pathologischen Feinheiten erkennen. Außerdem sollen sich stärkere Sehnen, Faszien, die Haut-, Fett- und Muskelschicht in verschiedener Abstufung differenzieren lassen. Überhaupt muß die Lichtverteilung, das Hell und das Dunkel mit seinen feinen Übergängen, derartig sauber und ausgesprochen sein, daß das Röntgenbild plastisch wirkt.

Wandarm und Blende.

Schon 1897 habe ich als Röhrenhalter einen Wandarm nach Art der zahnärztlichen anfertigen lassen[1]), wie ihn die Fig. 111 zeigt. Jede nur denkbare Bewegung ist mit diesem schnell und leicht ausführbar, und der Patient und Experimentator laufen nie Gefahr, mit demselben in Kollision zu geraten. Das Brett wird an zwei in der Wand eingelassenen Haken eingehängt, so daß es ganz unbeweglich fest derselben anliegt. Erstlich sind nun in einem weiten Halbkreise seitlich-horizontale Be-

Fig. 111.



wegungen möglich; durch die Schraube b kann man den Arm in jeder dieser Stellungen festhalten. Durch Anheben des kleinen Hebels a wird die Höhenverstellung des Armes in sehr weiten Grenzen reguliert, außerdem läßt sich die wagerechte Führungsstange nach Belieben ausziehen und gleichfalls an jedem Punkte durch eine kleine Schraube festlegen, doch ist dies meist nicht notwendig. Die Führungsstange endigt in einer runden Hartgummistange.

Neuerdings nehme ich nur noch die beiden in Fig. 112 und 113 gezeichneten Holzgestelle zum Röhrenhalten; dieselben sind sehr praktisch

[1]) Ash & Sons, Berlin, Jägerstraße 9.

und werden gleichfalls auf das freie Ende der Führungsstange aufgeschoben und in jeder Lage mittels der Schraube fixiert. Die Röhre wird gehalten durch übergeknöpfte Gummibänder.

In Fig. 112 ruht die Röhre auf den beiden Ausschnitten mit ihren seitlichen Fortsätzen; in Fig. 113 mit ihrem kugeligen Teil auf einem Holzdreieck. Die scharfen Kanten der drei Leistenmitten sind tief kreisrund ausgeschliffen und mit Filz belegt, so daß die Röhre ohne Gefahr hineingelegt werden und mit einem übergeknöpften Gummiband exakt befestigt werden kann. Dreht man diesen Dreieckhalter um, so finden sich wieder drei entsprechende, aber kleinere Ausschnitte, so daß man große oder kleine Röhren nach Belieben fest und sicher (ohne jede Einschraubvorrichtung) lagern kann.

Die Handhabung des Wandarms ist so bequem und einfach, daß man denselben nur angelegentlichst empfehlen kann. Liegt dem Experimentator

Fig. 112.

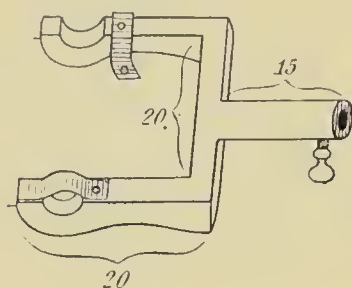


Fig. 113.



daran, bei seinen Aufnahmen genau zu wissen, welcher Abstand zwischen Röhre und Platte besteht, ohne daß er immer wieder das Meßband zu Hilfe nehmen muß, zeichnet man sich an der Wand von der Tischhöhe ab eine Skala von 10 zu 10 cm; man kann dann bequem ablesen, wohin gegebenenfalls die Verlängerung des horizontalen Wandarms zeigt.

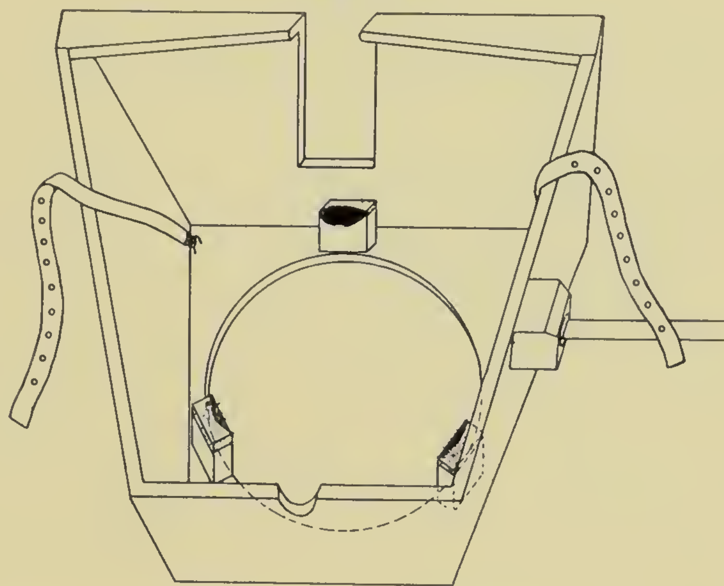
Mit dem Wandarm kann man die Blendvorrichtung direkt vereinigen, desgleichen einen der vielen angegebenen Kästen, die die Röntgenröhre in ihrem Inneren bergen und so gleich einen Schutz für die Untersucher abgeben. Nach meinen Angaben fertigen Hirschmann, Reiniger, Gebbert & Schall einen kleinen, zum Wandarm und auch zu jedem sonstigen Stativ passenden Kasten, der

1. die Röntgenstrahlen vom Untersucher fernhält,
2. eine sofortige Zentrierung der Röhre gibt,
3. eine Lotvorrichtung enthält.

Alle Röntgenröhren nämlich, welche heute in Gebrauch kommen, sind in ihrem Hauptteile große Glaskugeln und der Antikathodenspiegel befindet sich in der Mitte der Glaskugel. Lege ich nun eine Kugel von beliebiger Größe auf irgend eine kreisrunde Öffnung, so muß sich nach mathematisch-physikalischem Gesetz der Mittelpunkt dieser Kugel senkrecht über der Mitte dieses kreisförmigen Ausschnittes befinden.

Dabei ist es selbstverständlich ganz gleichgültig, wie ich die Kugel auf den Kreisausschnitt lege, ob ich sie auf demselben drehe usw. Dieses Prinzip der Zentrierung einer Kugel auf einen Kreisausschnitt habe ich mir für meine Zentriervorrichtung zunutze gemacht. Ich habe, wie aus Fig. 114 ersichtlich, einen einfachen Blendenkasten. In dem Boden des Kastens befindet sich eine kreisrunde Öffnung. Von unten betrachtet, sieht man zu beiden Seiten derselben zwei Gleitschienen, in welche Blenden von verschiedener Größe eingeschoben werden können, und zwar durch eine einfache Schnappvorrichtung stets so, daß sich die Mittelpunkte der Blenden mit dem Mittelpunkt der unteren Kreisöffnung decken.

Fig. 114.



Betrachtet man den Kasten von oben (Fig.114), so liegen um die Kreisöffnung herum an drei Stellen etwa 3 cm hohe Holzklötze, die an ihren medialen Seiten ebenfalls kreisförmig geschnitten sind. Diese Klötze sind oben und am inneren Rand mit Filz bekleidet. Wir haben uns zum Aufliegen der Röntgenröhre mit diesen drei Lagern begnügt, weil es ja an sich ganz gleichgültig ist, ob wir einen Kreisausschnitt nehmen oder nur drei entsprechende Unterstützungspunkte. Es ist nur notwendig, daß die drei Unterstützungspunkte genau in der Peripherie des Kreisausschnittes liegen, über welchem die Glaskugel mit ihrem Mittelpunkte zentriert werden soll. Lege ich also auf diese drei Holzbänkchen die Röntgenröhre auf, so befindet sich in jedem Falle sofort die Antikathode senkrecht über der Mitte des im Boden befindlichen Kreisausschnittes, resp. über jeder unten eingeschobenen Blende. Stelle ich nun die untere Fläche des Blendenkastens horizontal und damit gleichzeitig parallel zur Röntgentischplatte, so habe ich nichts weiter nötig, als die Mitte des unteren Kreisausschnittes senkrecht über den gewünschten Punkt des Objektes zu bringen. Das geschieht in einfachster Weise mit Hilfe der bekannten Lotvorrichtung, welche unter dem Blendenkasten angebracht ist. Mit Hilfe eines drehbaren Hebelarmes läßt sich

das Lot leicht unter die Mitte des Kreisausschnittes drehen und nach erfolgter Einstellung seitlich wieder zurückdrehen. Es befindet sich also in jedem Falle der senkrecht eingestellte Punkt des betreffenden Objektes in der Lichtachse. Dabei ist es ganz gleichgültig, wie ich die Röhre mit ihrem kugeligen Teil auf den drei Unterstützungspunkten drehe. Der Platinspiegel kann sich in jedem denkbaren Winkel zur horizontalen Plattenebene befinden.

Bisher ist immer vorausgesetzt worden, daß sich die untere Bodenfläche des Blendenkastens mit der Tischplatte parallel befindet, und zwar horizontal, denn es bedarf eigentlich kaum der Erwähnung, daß die Benutzung eines Lotes nur bei horizontaler Röhrenunterstützung in Frage kommt, während die Zentrierung der Röntgenröhre über dem Blendenausschnitt natürlich bei jeder beliebigen Stellung erreicht ist. Wer also das Lot zur Einstellung gebrauchen will, muß jedesmal die untere Blendenkastenfläche horizontal stellen. Das geschieht mittels einer kleinen, auf der inneren Bodenfläche angebrachten Wasserwage. In allen jenen Fällen aber, wo der betreffende Untersucher zum Einschieben unten eine röhrenförmige Blendenvorrichtung benutzt, die dem Objekt direkt aufgesetzt wird, ist irgendwelche Lotung unnötig. Die Befestigung der Röhre auf den drei Holzbänkchen erfolgt in allereinfachster Weise mit Hilfe eines Gummibandes, das quer oben über die Röhre gespannt wird. Mit Hilfe eines zweiten Gummibandes, das aber meist nicht einmal notwendig ist, kann der Platinspiegel in jedem gewünschten Winkel zur Röntgenplatte eingestellt werden.

Kompressionsblende.

Den wichtigsten Fortschritt stellt die sogenannte Kompressionsblende von Albers-Schönberg dar.

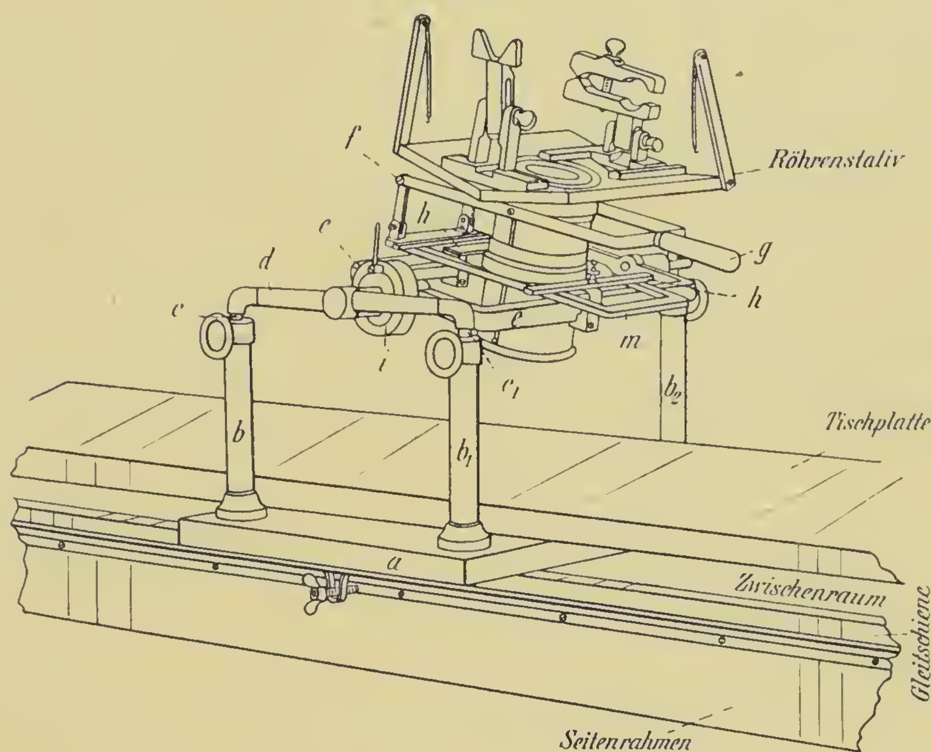
Wir haben bereits oben die Vorteile der röhrenförmigen Blende bezüglich des Blendvermögens besprochen. Ihren Namen hat dieselbe erhalten, weil sie mit ihrer unteren Öffnung fest auf die Körperoberfläche aufgesetzt wird und gestattet, durch ihren Druck nicht allein den zu untersuchenden Körperteil absolut ruhig zu stellen, sondern sogar zu komprimieren, in ihn hineinzudringen und damit Weichteilmassen, die zur Vermehrung schädlicher Sekundärstrahlen beitragen, beiseite zu drängen.

Aus der Fig. 115 ist die Konstruktion ersichtlich. Albers-Schönberg beschreibt[1]) seinen Apparat folgendermaßen: „Auf einem Brett a von zirka 72 cm Länge und 85 cm Breite erheben sich drei säulenartige Stative b, b_1 und b_2, welche hohl sind und in denen sich drei blank polierte Metallstangen c, c_1 und c_2 befinden, welche auf und nieder verstellbar und mit einer Graduierung versehen sind. Zwei der Stative

[1]) Siehe Albers-Schönberg, Die Röntgentechnik, 3. Aufl., Lucas Gräfe & Sillem.

stehen auf der einen, das dritte auf der gegenüberliegenden Langseite des Brettes. Die polierten, verstellbaren Metallstangen c und c_1 sind mit einem um seine Längsachse rotierenden Querstück d verbunden. An diesem befindet sich ein rechteckiger Rahmen e, welcher die Entfernung zwischen den beiden nebeneinander stehenden Stativen und dem gegenüberstehenden überbrückt. Der Rahmen ist so eingerichtet, daß er vermöge des um seine Längsachse rotierenden Stückes d auch in die Höhe geklappt, sogar vollkommen nach der entgegengesetzten Seite hinübergelegt werden kann. Außerdem befindet sich zwischen Stück d und dem rechteckigen Rahmen eine Vorrichtung i, welche es ermöglicht, den Rahmen um seine eigene

Fig. 115.



Längsachse zu drehen. Ist der eiserne Rahmen in das Stativ b_2 hineingeklappt, so läßt er sich daselbst mit einer Flügelschraube fixieren, so daß dieser, gewissermaßen eine Brücke bildende Rahmen als absolut fest und unbeweglich zu betrachten ist. Er trägt das Hauptstück des Apparates, das eigentliche Kompressionsrohr. Letzteres ist auf einen breiten Metallring, der auf einen rechteckigen schmalen Metallrahmen m aufgeschraubt ist, montiert. Durch den Ring hindurch ist ein 22 cm langes glattpoliertes Metallrohr von 13 resp. 10 cm Durchmesser, welches an seinem unteren Ende einen Hartgummiring trägt, gesteckt. Es läßt sich in dem breiten Ring bequem auf- und niederschieben, so zwar, daß es im ganzen 9 cm herunter- resp. hinaufgeschoben werden kann. Dieses bewegliche, im Innern mit Blei ausgekleidete Rohr steht mit einer Hebelkonstruktion f in Verbindung und kann vermöge des Holzgriffes g in dem metallenen Ringe herauf- und heruntergedrückt werden. Eine Schraube

an der Außenseite des letzteren ermöglicht ein Feststellen des beweglichen Rohres in jeder beliebigen Stellung.

Dieser ganze Teil des Apparates, welcher den Metallring mitsamt dem verschieblichen Rohr trägt, steht lose auf dem anfangs beschriebenen rechteckigen eisernen Rahmen e. Er kann an einer beliebigen Stelle des letzteren Aufstellung finden, und auch auf ihm hin und her geschoben werden, so daß er an jeden Platz des Rahmens mit Leichtigkeit zu bringen ist. Zwei metallene Schienen h (mit Schraubvorrichtung) ermöglichen es, die verschiebliche, das Rohr tragende Hebelkonstruktion festzustellen."

„Der 13-cm-Zylinder ist für alle in der Röntgentechnik vorkommenden Aufnahmen bestimmt. Er zeichnet eine Platte von 18/24 fast vollständig aus." Für Nierensteinaufnahmen wird ein Zylinder von 10 cm Durchmesser verwandt, für Übersichtsbilder (Thorax) ein Zylinder von 19 cm Durchmesser; er gibt einen Beleuchtungskreis von zirka 30 cm Durchmesser und zeichnet somit eine Platte von 30/40 aus. Zu Längsauf-

Fig. 116.

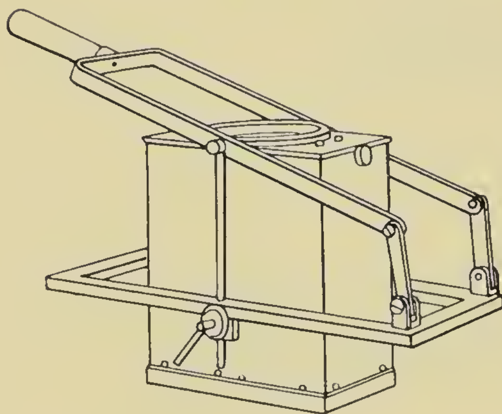
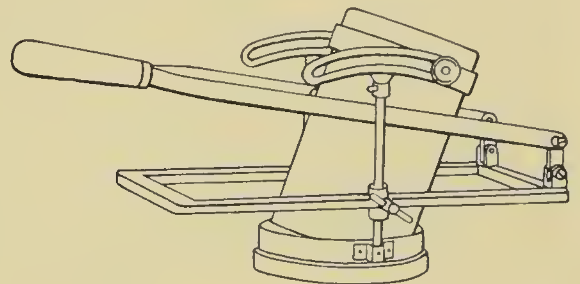


Fig. 117.



nahmen (Extremitäten, Wirbelsäule) wird anstatt der runden Zylinderblenden eine länglich viereckige Kastenblende zur Kompression auf den Rahmen e gesetzt (Fig. 116).

Wie aus der Fig. 115 ersichtlich, wird das Röhrenstativ einfach auf das obere Ende des Kompressionsrohres aufgesetzt und damit die Einstellung der zentrierten Röhre sehr erleichtert. Das Holzbrett, auf dem die Röhrenträger montiert sind, ist an seiner Unterseite mit $1^1/_2$ mm dickem Blei gepanzert und hat in der Mitte einen kreisförmigen Ausschnitt von 8 cm Durchmesser, auf welchen Bleidiaphragmen gelegt werden, so daß dem oberen Blendenloch jede beliebige Weite gegeben werden kann. Zwischen die untere Rohröffnung und den betreffenden Körperteil legt man zwecks schmerzlosen, elastischen Druckes ein oder mehrere mit Verbandwatte gefütterte Kissen (32 cm lang, 14 cm breit, 6 cm dick).

Bei Komprimierung der Bauchorgane wird nach den Angaben von S t r ä t e r ein Luffaschwamm in die untere Rohrapertur eingelegt (vgl. S. 194).

Aus der Fig. 115 ist des weiteren die von Albers-Schönberg getroffene Einrichtung klar, daß die ganze Kompressionsblende unterhalb der Tischplatte auf Gleitschienen der beiden Seitenrahmen des Tisches in der Längsrichtung des Tisches verschoben und so bequem über dem auf der Platte gelagerten Patienten hin- und hergeführt und passend eingestellt werden kann.

Um auch Stereoskopaufnahmen mit der Kompressionsblende sicher und gut herzustellen, hat Albers-Schönberg eine besondere Zylinderblende (Fig. 117) konstruiert, die bei festgestellter komprimierender unterer Rohrapertur eine entsprechende Verschiebung und Fixierung des Zylinders mit darüber festliegender Röntgenröhre gestattet.

Für die therapeutischen Bestrahlungen werden Bleiglaseinsätze in die untere Öffnung eingefügt.

Aus alledem wird die vielseitige Verwendung der vorzüglichen Kompressionsblende von Albers-Schönberg, die durch keine ihrer vielfachen Nachahmungen erreicht wird, klar. Ich will nur noch erwähnen, daß der Patient auch stets vor überflüssiger schädlicher Röntgenstrahlung geschützt ist.

Über die sonstigen Blendvorrichtungen, die mehr einen Schutz des Patienten und Untersuchers gegen schädigendes Röntgenlicht zum Zwecke haben, sprechen wir in dem späteren Kapitel über das Röntgenzimmer.

Expositionszeit und Abkürzung derselben.

Wir haben bereits in dem Kapitel über die verschiedenen Röntgeninstrumentarien die Expositionszeiten und ihre Abkürzung durch besonders gute und für hohe und höchste Belastungen geeignete Apparate und Röntgenröhren besprochen (S. 81 ff.). Es ist ja klar, daß man die Expositionszeiten aus den verschiedensten Gründen möglichst abzukürzen suchte, im Interesse des Bildes, des Patienten, des Experimentators und des Instrumentariums. Je kürzere Zeit ein Arm, ein Fuß auf der Platte zu liegen braucht, desto mehr Garantie für Ruhe desselben hat man natürlich, desto schärfer wird also das Bild, desto angenehmer ist die Prozedur für den Patienten. Es ist besonders für etwas nervöse Personen angreifend, wenn sie sich sehr lange absolut ruhig verhalten sollen. Es wurde deshalb allerseits mit Freude begrüßt, als wir schon im Mai 1896, also vor 18 Jahren, mitteilen konnten, daß wir bei unseren Aufnahmezeiten nach Sekunden und nicht mehr nach Minuten rechneten.

Schwer oder fast unmöglich ist es, genaue Angaben über die notwendige Belichtungsdauer für Aufnahmen zu machen, das liegt in der Natur der Sache. Jede Röhre gibt etwas anderes Licht, die eine Aufnahme wird in 30, die andere in 80 cm Entfernung gemacht, das eine Knie ist dick, das andere ist dünn, die Knochen und Weichteile des einen sind verschie-

den durchlässig gegenüber denen eines anderen, und so könnte man noch mehr Punkte anführen, die jede Aufnahme als ein abgeschlossenes Ganzes, als ein unter für jeden Fall besonderen Verhältnissen entstandenes Resultat erscheinen lassen. Wir wollen deshalb nur allgemeine Angaben für die Expositionsdauer machen und setzen dabei voraus, daß alle die Punkte, die wir im vorhergehenden besprochen, Berücksichtigung finden, daß ein gutes Instrumentarium und Röhrenmaterial zur Verfügung steht, daß Abstand und Blendung richtig genommen wird, daß das Plattenmaterial gut ist.

Wir unterscheiden:

Gewöhnliche Zeitaufnahmen,
kurzzeitige oder Schnellaufnahmen,
Momentaufnahmen.

Unter Momentaufnahmen dürfen wir nur solche verstehen, welche tatsächlich mit nur einem einzigen Aufblitzen der Röntgenröhre hergestellt werden. Im Kapitel über die Röntgenapparate haben wir bereits erwähnt, daß sich die Erreichung dieses Zieles besonders an die Namen Rosenthal, Dessauer und Groedel knüpft. Die Bedeutung dieser Aufnahmen in weniger als $^1/_{50}$ Sekunde liegt besonders in der Möglichkeit, von Körperteilen mit willkürlicher Bewegung — bewegte Gelenke, Schluckakt — und von solchen mit unwillkürlicher Bewegung — Herz, Zwerchfell, Magen, Darm — absolut scharf differenzierte und konturierte Röntgenbilder herzustellen, ja auf diese Weise wirkliche kinematographische Reihenbilder herzustellen, eine Technik, die noch nicht ganz gelöst, aber durch Eijkman, Dessauer, Groedel, Köhler[1]), Rieder und Rosenthal schon zu einer großen Vollkommenheit gebracht ist. Außer der Trefflichkeit der Apparate spielen hier die Momentschaltvorrichtungen und die schnellste Auswechslung der Platten oder Films eine ganz besondere Rolle, auf die ich hier nicht näher eingehen kann.

Als gewöhnliche Zeitaufnahmen, wie sie übrigens heute noch in den allermeisten Röntgenlaboratorien gemacht werden, wollen wir solche bezeichnen, bei welchen die Expositionszeiten zwischen 10 und 120 Sekunden schwanken. Wir werden z. B. bei Hand-, Vorderarm-, Fuß- und Unterschenkelaufnahmen 10—45 Sekunden, bei Ellbogen-, Oberarm-, Schultergelenk-, Kniegelenk- und Oberschenkelaufnahmen 30 bis 90 Sekunden, bei Kopf-, Brust-, Bauch- und Beckenaufnahmen 40 bis 120 Sekunden exponieren. Indessen sind das eigentlich nichtssagende Zahlen, ihre Angaben sollen auch nur den Zweck haben, dem Anfänger einen ungefähren Anhalt zu geben. Wir könnten uns auch hier wieder, wie bei den Angaben über die Entfernung, an die Plattengröße halten

[1]) Die ersten kinematographischen Röntgenvorführungen der Atmung wurden von Alban Köhler gelegentlich des III. Kongresses der Deutschen Röntgengesellschaft, Berlin 1907, gezeigt.

und sagen, die Expositionsdauer soll bei Übersichtsaufnahmen zwischen der Plattenlänge in Zentimetern und seinem Triplum in Sekunden schwanken, d. h. bei einer Platte von 40:50 cm liegt die Expositionszeit zwischen 50 und 150 Sekunden, bei einer Platte von 30:40 cm zwischen 40 und 120 Sekunden, bei einer Platte von 24:30 cm zwischen 30 und 90 Sekunden.

Voraussetzung ist allerdings bei diesen nur ungefähr zu nehmenden Expositionszahlen, daß die Röhrenqualität in jedem Falle sachgemäß genommen und einreguliert und die Röhre richtig belastet wird.

Wollen wir dagegen kurzzeitige oder Schnellaufnahmen fertigen, so stehen uns verschiedene Wege offen:

1. Wir benutzen die gleich zu besprechenden, neuerdings in großer Vollkommenheit hergestellten Verstärkungsschirme bei der üblichen Primärbelastung unseres Röntgenapparates, ein Verfahren, das wir im allgemeinen empfehlen für alle die Aufnahmen, bei denen es auf allerfeinste Strukturzeichnung nicht ankommt, z. B. Übersichtsaufnahmen vom Becken, Lokalisation größerer Fremdkörper, Frakturen und Luxationen, Tumoren usw.; ferner für die Aufnahmen, bei denen besonders die genaue Größe und die Konturen der Organe festgestellt werden sollen (Herz-, Magen- und Darmaufnahmen), und schließlich immer dann, wenn für die Aufnahme aus irgendwelchen Gründen die allergrößte Schnelligkeit geboten ist (zappelnde Kinder usw.).

2. Wir benutzen höhere und höchste Primärbelastung bei sorgsamst abgestimmter Röhrenqualität und einem geeigneten Instrumentarium (Intensivstrominduktor, Röntgentransverter, Idealapparat, Grissonator). Diesen Weg raten wir für alle Fälle, in denen es sich um feinste Strukturzeichnung von Knochen und Gelenken, um Lungenzeichnung bei Atempause, bei Schädelaufnahmen usw. handelt.

Die ungefähr richtigen Expositionszeiten ergeben sich dann entsprechend den oben skizzierten Zahlen, wenn man von diesen Zahlen jedesmal die Null streicht; d. h. wir exponieren bei einer Plattengröße von 24:30 cm 3—9 Sekunden usw.

Haben wir Expositionszeiten nötig, die über 6 Sekunden dauern, so empfiehlt es sich im Interesse der Röhren, nach 5—6 Sekunden eine Pause von einer halben Minute einzuschieben, und erst dann die Aufnahme zu vollenden. Hierbei ist allerdings Voraussetzung, daß das betreffende Objekt in vollkommenster unverrückbarer Weise fixiert ist, damit nicht durch nachträgliche Verschiebungen die Schärfe leidet, ein Punkt, der größter Beachtung bedarf.

3. Wir kombinieren die beiden eben skizzierten Methoden — höchste Primärbelastung und 1 oder 2 Verstärkungsschirme — und erreichen so günstigstenfalls eine weitere Verkürzung

der Expositionszeit um das Zehn- bis Zwanzigfache, so daß wir dadurch auf Belichtungszeiten kommen, die je nach dem Objekt zwischen 1 und $^1/_{20}$ Sekunde liegen. Die Wahl dieser kombinierten Schnellmethode empfiehlt sich besonders für Magen- und Darmaufnahmen bei Verwendung von Wismut- oder sonstiger Kontrastfüllung, bei kleinen, schwer zu fixierenden Kindern usw.

Im allgemeinen muß man jedenfalls denen, welche die Röntgenuntersuchung besonders für chirurgische Zwecke verwenden, raten, sich mit den heute in allen Fällen sicher gelingenden guten Zeitaufnahmen zu begnügen. Die Röntgenapparatfirmen geben übrigens sogenannte Expositionstabellen heraus, von denen man für die einzelnen Körperteile und Fokusdistanzen den zu wählenden Härtegrad der Röhre, die Milliamperezahl und die Expositionszeit in Sekunden ungefähr ablesen kann.

Wir gehen nunmehr zu den sonstigen Mitteln über, die angewendet worden sind, eine Abkürzung der Expositionszeit herbeizuführen. Hierher gehören die Benutzung der schon erwähnten Verstärkungsschirme, ferner die Verbesserung der photographischen Trockenplatten, resp. die Verwendung von zwei empfindlichen Schichten.

Besprechen wir zunächst den erstgenannten Weg. Die Priorität für diese Versuche gebührt Winkelmann und Straubel-Jena aus dem Frühjahr 1896. Das Prinzip war, auf die Trockenplatte einen Körper zu legen, der einerseits die Röntgenstrahlen fast ungehindert passieren und auf die empfindliche Schicht wirken läßt, der anderseits selbst durch die Röntgenstrahlen zu einer Phosphoreszenz erregt wird, die chemisch recht wirksam ist, für die also die photographische Schicht sehr empfindlich ist. Während die oben genannten Forscher zu diesem Zwecke Flußspat verwandten, wurde später nach dem Vorschlage von Edison wolframsaures Calcium genommen, da dasselbe neben nicht zu hohem Preis eine Reihe von anerkannten Vorzügen hat. Der wolframsaure Kalk, der künstlich hergestellt wird, sich aber auch in der Natur als Mineral, als Scheelit findet, gestattet nämlich, in sehr fein pulverisiertem Zustand gebraucht zu werden, ohne daß dadurch seine Phosphoreszenzfähigkeit leidet, ferner ist sein blauviolettes Licht von großer Wirksamkeit auf die Trockenplatten und lange nachleuchtend. Die Verstärkungsschirme sind biegsame Folien. Die wirksame Substanz wird auf der einen Seite ganz gleichmäßig aufgebracht.

Indessen brachte die Verwendung eines solchen Schirmes eine direkte Verschlechterung der Bilder insofern mit sich, als die feinere Zeichnung verloren ging; denn jedes Körnchen stellt eine Lichtquelle dar, die für sich auf die Platte einwirkt, und zwar nicht allein auf die Plattenteilchen, die genau unter dem einzelnen phosphoreszierenden Körnchen liegen, sondern auch auf die nachbarlichen. Da man demnach die Schnelligkeit der einzelnen Aufnahmen mit der geringeren Güte derselben

bezahlen mußte, so wurden die Indikationen selbst für ihre Verwendung ganz eng gezogen.

Erst seit einigen Jahren werden die Verstärkungsschirme allerorten gebraucht, nachdem Gehler mit seiner Folie einen wirklich brauchbaren Schirm in den Handel gebracht hatte. Unter wirklich brauchbar verstehen wir einen Verstärkungsschirm, der einmal die Expositionszeit tatsächlich etwa um das Zehnfache abkürzt, der ferner möglichst geringe Kornzeichnung[1]) und damit eine größtmögliche Schärfe der Röntgenplatte gibt. Außer der Gehler-Folie sind besonders im Gebrauch die Heyden-Folie, der Sinegran-Schirm von Reiniger, Gebbert & Schall, die Rotaxfolie der Sanitas u. a. Der Heyden-Folie[2]) wird besonders nachgerühmt, daß sie gar nicht nachleuchte und so die Qualität des Röntgenbildes viel weniger schädige, daß ihre Verstärkungskraft und Dauerwirksamkeit höher als die der anderen Fabrikate sei (Hartung). Die Gebrauchsanweisung für die Gehler-Folie lautet:

Der Verstärkungsschirm muß auf jeden Fall fest an der photographischen Platte anliegen. Um dies zu erreichen, benutzt man am besten eine Röntgenkassette mit beweglichem Boden. Diese Kassette bewirkt ohne besondere Maßregeln ein Festanliegen des Schirmes.

Man lege die Folie auf die Metallplatte der Kassette mit der Schichtseite nach oben und darauf die photographische Platte mit der Schichtseite auf den Verstärkungsschirm. Die Strahlen durchdringen also die Pappe der Kassette, das Glas der photographischen Platte und dann die beiden Schichten. Man kann ebensogut umgekehrt verfahren, doch muß man dann besonders darauf achten, daß die Folie auf der Schichtseite fest aufliegt und keine Lufträume dazwischen entstehen.

Um zu vermeiden, daß auf dem fertigen Negativ sich kleine weiße Punkte befinden, sorge man immer dafür, daß die Schicht der Platte und der Folie frei von kleinen Staubteilchen ist. Dies geschieht am besten dadurch, daß man beide Schichten mit einem breiten, feinen Haarpinsel reinigt. Der Schirm wird am sichersten in der Kassette aufbewahrt. Die Erwärmung der Verstärkungsschirme soll ihre Wirksamkeit erhöhen.

Wenden wir uns jetzt der Verbesserung der Platten resp. Films zu, so müssen wir sagen, daß darin recht wenig erreicht ist. Eine für Röntgenstrahlen in höherem Grade empfindliche Schicht zu finden, ist auch bis heute nicht gelungen. Die Empfindlichkeit der Platten dadurch zu

---

[1]) Überexponierte Platten (ein sehr häufiger Fehler!) zeigen stets ein besonders störendes Korn.

[2]) Zu beziehen von R. Seifert & Co., Hamburg 13, Spezialfabrik für Röntgenapparate.

steigern, daß man die Emulsionsschicht dicker nahm, hat sich gleichfalls nicht bewährt. Der einzige Weg, auf dem man wirklich zu Erfolgen gekommen ist, ist der von M. Levy-Berlin beschrittene. Er hat Platten aus besonders dünnem, durchlässigem Glase oder Zelluloidfilms auf beiden Seiten mit lichtempfindlicher Schicht bedeckt. Bei der Belichtung wird also ein Bild in der oberen empfindlichen Schicht erzeugt, ein zweites nach Passage dieser Schicht und des Glases in fast derselben Stärke auf der unteren Schicht. Die beiden Bilder verstärken sich nun in ihrer Wirkung gegenseitig, so daß man eine Abkürzung der Expositionszeit bei zweiseitig begossenen Platten um fast die Hälfte erreicht. Betrachtet man solche Platten, so wird man den Vorteil der doppelten Belichtung am besten würdigen; für das Kopieren ist es nachteilig, daß die eine Schicht dem Papier aufliegt und scharf kopiert, während die obere um die Glasdicke vom Papier entfernt ist und unklare Schatten wirft. Durch die Verwendung von dünnen Zelluloidfilms fällt dieser Nachteil weg. Die Handhabung dieser Platten und Films ist aber recht kompliziert.

Natürlich kann man in dringenden Fällen auch die doppelt begossenen Röntgenplatten und Films mit zwei Schirmen bedecken, um dadurch eine noch größere Verkürzung der Expositionszeit herbeizuführen. Man legt dann auf die Schichtseite des einen Verstärkungsschirmes den Film und bedeckt ihn mit der Schichtseite des zweiten Schirmes.

Einen anderen Weg hat Alban Köhler beschritten, indem er bei allen Aufnahmen übernormalstarker Leute gleichzeitig zwei Platten, Schichtseite an Schichtseite, unterlegt. Derartige Aufnahmen ergeben fertig, bei gleicher Anordnung betrachtet, ein doppelt differenziertes, doppelt kontrastreiches Negativbild, in dem die glasklaren Partien dabei ebenso durchsichtig bleiben, während die mehr oder weniger belichteten Stellen doppelt dicht zur Geltung kommen und so einen doppelten Kontrast zu den durchsichtigsten Partien schaffen.

Als Nebenvorteile hebt Köhler hervor: Durch die Doppelplatte wird die Möglichkeit eines Plattenbruchs bei der Aufnahme um ein Gewisses herabgemindert; man kann die Kompressionsblende noch etwas energischer anziehen, ein Umstand, welcher der Aufnahme nur zugute kommen kann. Ferner wird ein lokaler Druck, eine Erwärmung oder Läsion der Gelatineschicht vermieden. Durch Schweiß oder Fistelabsonderungen bedingte Anfeuchtung der Gelatineschicht ist jedenfalls absolut ausgeschlossen. Alle anderen zufälligen, bei Fabrikation der Platten, beim Entwickeln, Fixieren, Verstärken oder Trocknen derselben entstandenen Flecken können niemals als konkrementverdächtig angesehen werden, da sie in keinem Falle auf beiden Platten an gleicher Stelle von gleicher Beschaffenheit sein werden. Durch diesen Vorzug des Doppelplattenverfahrens werden viele Kontrollaufnahmen und Arbeitszeit erspart, ebenso die Gefahr einer Hautbeschädigung des Patienten um die Hälfte

verringert. Bei Aufnahmen schwächerer Patienten kann man übrigens mit diesem Verfahren die Belichtungszeit um die Hälfte herabsetzen, was in vielen Fällen gar nicht hoch genug anzuschlagen ist.

Das Röntgenzimmer.

Wir haben uns befleißigt, das Röntgenzimmer möglichst praktisch und zweckentsprechend, trotzdem aber recht einfach einzurichten, denn unsere Anleitungen sind nicht für Röntgenspezialisten bestimmt. Man nehme das Zimmer nicht zu klein, da es unangenehm für den Arzt und den Patienten ist, bei den Hantierungen, die teilweise im Dunkeln vor sich gehen, räumlich beschränkt zu sein. Es muß nicht allein genügend Platz sein für das ziemlich umfangreiche Instrumentarium, sondern auch noch für einige Stühle, einen Schrank, Kleiderhaken u. dgl., damit der Patient für seine Toilette, für das Aus- und Ankleiden wenigstens einige Bequemlichkeiten vorfindet. Recht häufig sind Aufnahmen zu machen von Patienten, die getragen werden müssen. Es liegt im Interesse der Kranken, wenn man mit der Bahre bequem im Röntgenzimmer Platz findet und so entweder auf der Bahre selbst röntgenographiert oder leicht und schonend die Umbettung auf einen zweckentsprechenden Tisch vornimmt. Auch für die therapeutischen Sitzungen ist es äußerst angenehm, einen weiten Raum, der schnell und reichlich gelüftet werden kann, zur Verfügung zu haben. Die Luft wird schnell verdorben und mit Ozon angefüllt, besonders, wenn man längere Zeit hintereinander mit Durchleuchtungen und einer größeren Anzahl von Aufnahmen zu tun hat. Ferner ist in Betracht zu ziehen, daß man sehr oft zur Beruhigung der Kinder, die röntgenographiert werden sollen, genötigt ist, einen oder einige Angehörige zum Röntgenakte zuzuziehen. Auch muß wohl jeder, der sich mit Durchleuchtungen beschäftigt, häufig Ärzten oder Laien zu wissenschaftlichen oder unterhaltenden Zwecken demonstrieren, und dazu ist Platz nötig. Man soll auf diesen Punkt, wenn irgend möglich, Rücksicht nehmen.

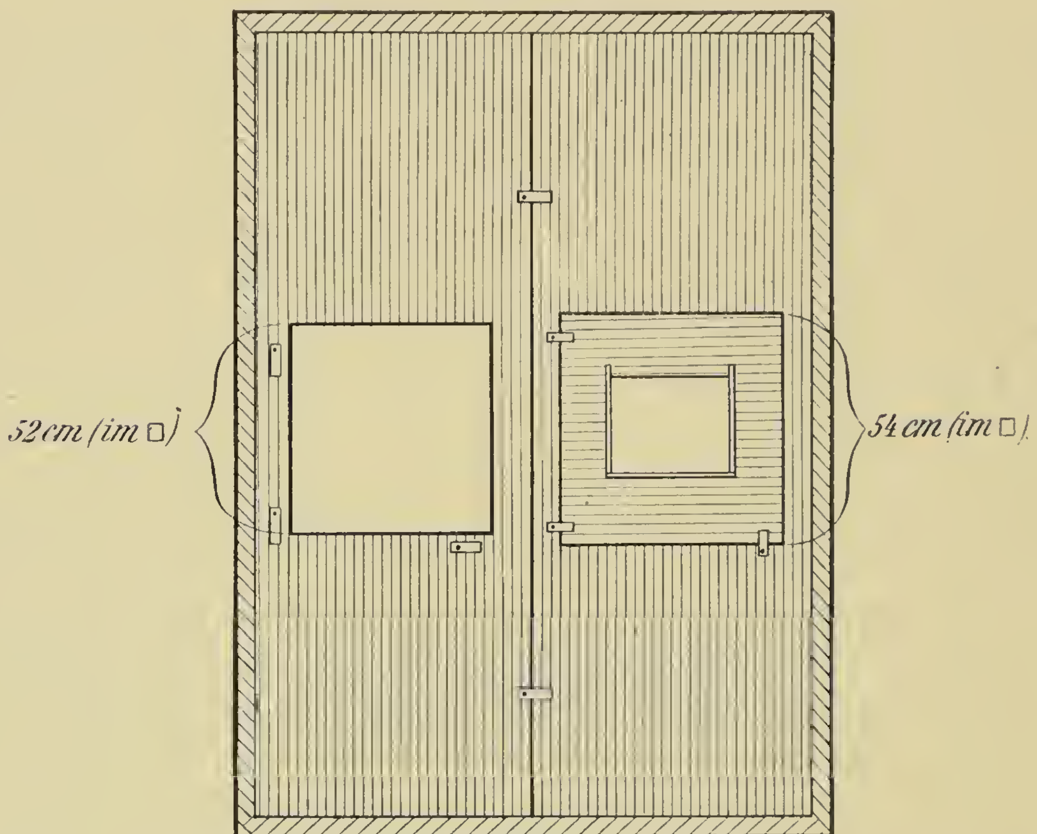
Das Zimmer muß absolut verdunkelt werden können. Man kann das erreichen durch dicke, dunkle Vorhänge innen am Fenster und durch Anbringen schmaler schwarzer Filzstreifen an den Türkanten. Vorhänge am Fenster sind aber nur ein bescheidener Notbehelf. Sehr zweckdienlich ist es, das ganze Innere des Fensters mit einer allseitig lichtdicht anschließenden Holzverkleidung zu versehen oder geeignete Rolljalousien zu benutzen.

10 Jahre lang haben wir nach den sehr praktischen Ausführungen von Legal-Breslau die Holzverkleidung eines Fensters gleichzeitig für die Betrachtung und Demonstration der Röntgenplatten benutzt. Für jeden Röntgenkundigen sind ja die Platten allein maßgebend für die

Diagnosenstellung. Denn nur sie zeigen uns das Abbild des Körperinneren in allen Feinheiten. Halten wir nun eine Platte einfach gegen den Himmel, so werden unsere Augen leicht von den neben der Platte eintretenden Lichtstrahlen getroffen, so daß wir die notwendigen Feinheiten und Details unserer Platten nicht richtig herauslesen können. Auch sind wir nicht imstande, die Platten aus dem oft notwendigen Abstande ruhig und klar zu mustern. Dieselben Gründe haben auch Albers-Schönberg veranlaßt, die ganz gleiche Anlage unabhängig von Legal und uns zu konstruieren.

Das ganze Fenster ist für diesen Zweck innen mit zwei großen, wie Fensterflügel zu öffnenden Holzladen geschlossen (Fig. 118). In mittlerer

Fig. 118.



Augenhöhe enthält jeder der beiden Holzflügel einen großen quadratischen Ausschnitt, in welche genau passende Holzrahmen eingeklemmt werden können. Die Maße in Zentimetern sind angezeichnet.

Für jede Plattengröße hat man zwei Rahmen mit gleich großer Öffnung, in welche die Platten von oben her bequem eingeschoben werden. Außerdem stehen zwei massive Holzrahmen zur Verfügung, wenn das Zimmer ganz verdunkelt werden soll.

Wir sind somit imstande, die Platten in Hoch- oder Breitstellung und je nach Bedürfnis ein oder zwei Bilder gleichzeitig zu betrachten.

Der oder die Beschauer befinden sich im dunklen Zimmer, alles Licht fällt nur durch die in den Holzrahmen eingeschobene Röntgenplatte, so daß dieselbe außerordentlich gut beleuchtet ist und die feinsten Details

erkennen läßt. Man kann ganz nahe herantreten oder mehr aus der Ferne betrachten.

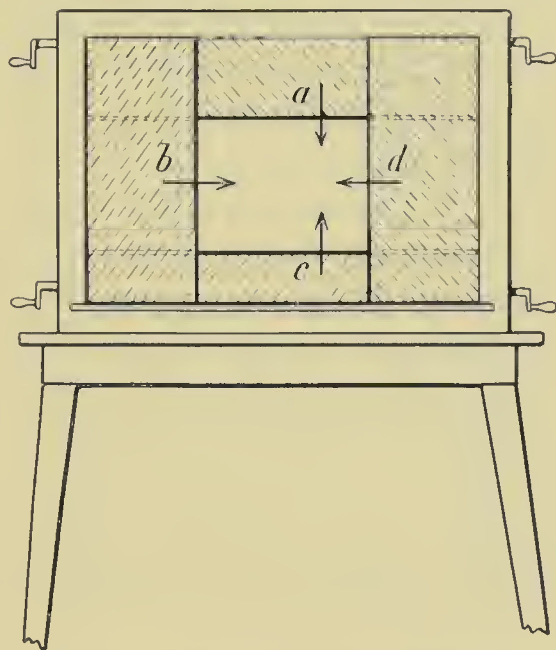
Um die Tiefenverhältnisse anschaulicher zu machen, nimmt man mit Vorteil eine Lupe oder ein Opernglas (eventuell verkehrt) vor die Augen; das Bild wird dann außerordentlich plastisch.

Um die Platten abends betrachten zu können, bringt man hinter den Ausschnitten der Holzrahmen große Milchglasscheiben an. Zwischen diesen und dem eigentlichen Fenster hängen zwei 32kerzige Glühlampen, so daß die Röntgenplatten gleichmäßig von hinten beleuchtet werden.

Solche Verdunklungsvorrichtung mit Plattenschau kann man übrigens jetzt auch von den Fabriken für Röntgeneinrichtungen direkt beziehen; auch werden sogenannte Schaukästen geliefert.

Ich selbst habe einen solchen sehr praktischen Schaukasten konstruiert, der gestattet, von jeder Platte ganz beliebige, für die genaueste Betrachtung besonders wertvolle Teile herauszublenden. Das geschieht durch vier zwischen zwei Glasscheiben (einer vorderen Milchglas- und einer hinteren Mattscheibe) verschiebbar angeordnete, lichtdichte schwarze Vorhänge, die mit Hilfe von Federwirkung ständig straff gespannt sind. Die Bewegung der einzelnen Vorhänge a, b, c, d findet, wie es die folgende Skizze zeigt, unabhängig voneinander statt (Fig. 119).

Fig. 119.



Die Verwendung von zwei solchen Glasscheiben gewährleistet ein absolut diffuses Licht, dessen Helligkeit durch einen kleinen Regulierwiderstand der jedesmaligen Dichte der ganzen Platte oder einzelner Teile derselben genau angepaßt wird.

Wichtig ist ferner die Anordnung, daß zur Herstellung von photographischen Verkleinerungen die vordere Milchglasfläche, welche gewöhnlich zwecks Anlehnung der Platten leicht geneigt ist, senkrecht festgestellt werden kann. Die Platten werden dann durch eine einfache Klemmvorrichtung am Herunterkippen gehindert[1]).

Der Kasten ist transportabel, er kann auf einem Tisch aufgestellt oder an der Wand angehängt werden; jede Ansteckdose genügt mittels einer Leitungsschnur zur Herstellung der Beleuchtung.

---

[1]) Mein Schaukasten wird geliefert von Reiniger, Gebbert & Schall-Erlangen.

Im allgemeinen betrachte man die Platte immer so, daß die Glasseite dem Auge zugekehrt ist. Sehr blasse, sogenannte flaue Platten sind nach dem Vorgehen von Köhler-Wiesbaden mit der Schichtseite auf weißes Papier fest aufzulegen und in der Aufsicht zu betrachten.

Das ganze Innere des Röntgenzimmers samt Decke und Fußboden wird am besten dunkelrot gestrichen; diese Farbe ist ebenso zweckentsprechend wie der früher von mir empfohlene Schwarzanstrich, hingegen viel wohltuender für das Auge.

.Der Induktor wird gewöhnlich, um keinen Platz zu verlieren, in Kopfhöhe auf einem festen Wandstativ placiert oder oben auf einem eigens aufgestellten Schutzhaus, das wir gleich noch kennen lernen werden.

Wir hatten schon erwähnt, daß der elektrolytische Unterbrecher am besten seine Aufstellung außerhalb des Röntgenzimmers findet, wenn er mit wenigstens drei Platinstiften armiert und die Schalttafel dementsprechend eingerichtet ist, desgleichen wenn er als einstiftiger mit Fernverstellung nach Koch versehen ist. Arbeitet man dagegen mit einem gewöhnlichen einstiftigen Wehnelt, so muß er entweder auf dem Fußboden oder auf einem Wandbrett so placiert werden, daß er nahe dem Schaltbrett steht, damit man aufs bequemste die Veränderung der Stiftlänge besorgen kann.

Der Motorunterbrecher darf nicht auf einem Tisch stehen; denn sein Vibrieren teilt sich dem Lagerungstisch durch den Fußboden mit; bestimmt findet dies statt, wenn der Fußboden aus Holz besteht, weniger, wenn man einen steinernen Fußboden hat. Deshalb wird der Unterbrecher ebenfalls an der Wand angebracht, indem zwei flache Eisen in dieselbe eingelassen werden, die je zwei Löcher führen; durch diese dringen von unten in den Fußboden des Unterbrechers vier Schrauben, die ihn absolut unbeweglich fixieren. Natürlich bringt man ihn so an, daß seine Einstellung und Regulierung gleichfalls vom Schalttafelplatz aus vorzunehmen ist.

Von den Röhrenstativen, die auf dem Fußboden aufgestellt werden, verurteilen wir die leichtgebauten, sie stehen nicht fest und nehmen viel Raum ein; vor allem aber übertragen sich, wenn man sich im Zimmer bewegt, auch hier die Erschütterungen des Fußbodens auf die Röhre. Ferner sind die Umstellungen der Röhre bei neuen Aufnahmen und nach Beendigung einer solchen ziemlich kompliziert und zeitraubend; deshalb brauchen wir immer, außer bei den Aufnahmen mit der Kompressionsblende, unseren oben beschriebenen Wandarm als Röhrenhalter; er wird so an der Wand angebracht, daß er den Untersuchungstisch von oben bis unten ganz beherrscht.

Was den Lagerungstisch anlangt, so haben wir bei seinem Bau Rücksicht genommen auf möglichste Stabilität und Bequemlichkeit für den Patienten. Der erste Punkt spielt eine wichtige Rolle. Wir haben oft

Tische gesehen mit gedrehten eingelassenen Füßen und einem oberen Rahmen, der mit Segeltuch oder Leder bespannt war. Diese Bauart soll einmal eine weichere, bequemere Lagerung des Patienten bezwecken, ferner kann man Aufnahmen und Durchleuchtungen vornehmen, während die Röhre unterhalb des Tisches befestigt ist. Ein Teil des Rahmens ist verstellbar gemacht, damit der Patient mit Kopf und Rücken höher gelagert werden kann. Wir halten das alles für unnötige Kunststücke und haben uns selbst bei einer großen Anzahl von Aufnahmen überzeugt, daß solch ein Tisch äußerst wacklig ist, auf die kleinsten Erschütterungen des Fußbodens beim Gehen des Experimentators, auf eventuelle unwillkürliche Zuckungen und Bewegungen des Körpers des Patienten stark reagiert. Wenn man gezwungen ist, kleinere ungebärdige Patienten mit den Händen festhalten zu lassen, so ist überhaupt keine Ruhe in den Tisch hineinzubringen. Auch für Aufnahmen, die in Narkose gemacht werden, ist die Labilität des Tisches bei den nötigen Handgriffen des Narkotiseurs sehr störend. Kurz und gut, wir halten dafür, daß ein ganz einfacher, gut gebauter und schwerer Holztisch — vor allem ist auf breite, kräftige Füße zu sehen — vollkommen für alle Fälle genügt. Die Breite der Tischplatte beträgt 60 cm, die Länge 2 m, und die Höhe ist so gewählt, daß ein Erwachsener sich gerade noch bequem darauf setzen kann, also etwa 70 bis 80 cm. Die glatte Tischplatte ist von Holz; sollte mal ein Patient, was übrigens selten vorkommt, über die Härte des Lagers klagen, so legt man ihm entsprechende Kissen unter.

Gut bewährt hat sich uns eine Decke, die auf der einen Seite aus Plüsch, auf der anderen aus Wachstuch besteht. Gewöhnlich liegt die warme Plüschseite oben, bei Aufnahmen durch Gipsverbände oder in Narkose liegt die Wachstuchseite oben, um Beschmutzungen leicht abwaschen zu können.

Ein außerordentlich einfacher und praktischer Tisch ist von Hamann schon 1902 konstruiert worden, dessen Platte aus weichem Pappelholz besteht und mit ihrer Dicke von 6 mm ebenso durchlässig wie Segeltuch oder dünnes Leder ist. Die erforderliche Festigkeit und Tragfähigkeit hat Hamann durch mehrfache Furnierung erreicht. Die Röntgenröhre kann mittels einer Holzrahmenvorrichtung unter dem Tisch angebracht werden, so daß die Untersuchung bei liegendem Patienten möglich ist, oder man hat einen Tischdurchleuchtungskasten[1]) nach Forssell, der in der Hauptsache aus einem viereckigen, mit Bleischutz ausgeschlagenen Kasten besteht, der auf vier Rollen unter dem Untersuchungstisch leicht verschoben werden kann. In dem Kasten ist die Röntgenröhre befestigt, und zwar zentriert zu einer auf der oberen Kastenfläche befindlichen Scherenblende, die bequem von einer der beiden Führungsstangen des Kastens aus eingestellt wird.

[1]) Lieferant: R. Seifert & Co., Hamburg 13.

Im Röntgenzimmer muß außerdem ein fester, niedriger Stuhl zur Verfügung stehen, der vorkommendenfalls auf den Tisch gestellt werden kann. Der Patient sitzt auf dem Stuhl, z. B. wenn man eine Fußaufnahme machen will, während der Fuß mit der Sohle auf die Platte fest aufgesetzt wird, oder zur Durchleuchtung der unteren Extremität. Bei Hand- und Armaufnahmen sitzt der Patient vor dem Lagerungstisch, und zwar entweder so niedrig, daß die Tischplatte sich in Schulterhöhe befindet, damit der Arm recht bequem und ruhig gelagert werden kann, oder wir haben Kasten und feste Kissen bereit, welche die Platte in die rechte Höhe zur Schulter bringen.

Ein Stuhl mit recht fester, breiter Rückenlehne kann für Brust- und Bauchaufnahmen mitunter gut benutzt werden. Der Patient lehnt sich

Fig. 120.

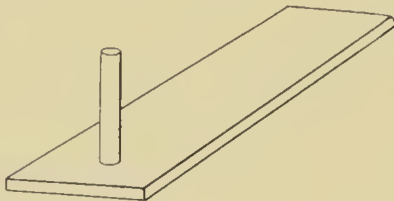


Fig. 121.

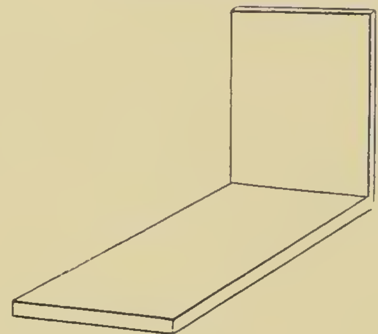


Fig. 122.

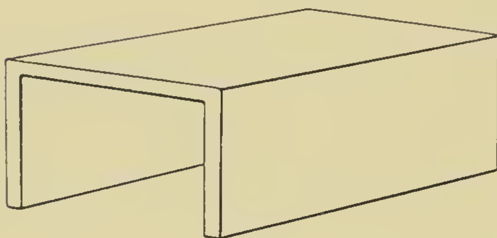


Fig. 123.



beispielsweise bei einer Wirbelsäulenaufnahme mit dem Rücken gegen die an die Stuhllehne gelegte Kassette. Will man eine Aufnahme des Herzens oder Magens machen, läßt man die Person auf dem Stuhl reitend sitzen und den Bauch der Stuhllehne zugewandt an die Kassette andrücken. Übrigens ist für solche Aufnahmen zuerst von Harbers-Hamburg ein Stuhl[1]) konstruiert worden, dessen Lehne nur aus zwei seitlichen Leisten mit einer Führung für die Kassette besteht, die an jeder Stelle, hoch oder niedrig, festgestellt werden kann. Bei Aufnahmen der vorderen Brust oder Bauchwand läßt man den Patienten verkehrt

---

[1]) Meyer & Koppmann, Tischlermeister, Merseburg, Wilhelmstraße. Dieselben liefern Röntgentisch, Röntgenstuhl, Plattenschrank, Spültisch, Röhrenwandbrett, Verdunklungsvorrichtung mit Plattenschau, Schutzwände, Schutzhaus etc. nach meinen Angaben.

auf dem Stuhl sitzen, schiebt dann die Kassette in die Führung ein, so daß sie auf den Oberschenkeln zu ruhen kommt.

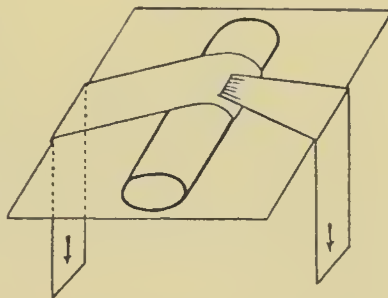
Verschiedene kleine Holzgestelle, die die Aufnahmetechnik wesentlich erleichtern, sind außerdem sehr empfehlenswert. Die Figuren auf Seite 192 demonstrieren vier solche einfachste Modelle. Fig. 120 zeigt ein Brett mit Handgriff für Armaufnahmen, Fig. 121 ein Winkelbrett für Fußaufnahmen, Fig. 122 einen Kasten, auf dessen oberer Fläche bei seitlichen Fuß-, Unterschenkel- oder Knieaufnahmen das betreffende Glied gelagert wird, während das andere Bein des Patienten bequem darunter liegt. Fig. 123 stellt schließlich ein großes Winkelbrett dar, über welches die im Knie gebeugten unteren Extremitäten zu liegen kommen, wenn die Wirbelsäule recht flach, ohne Lordose (z. B. bei Nierenaufnahmen), gelagert werden muß.

Außerordentlich wichtig sind in allen den Fällen, in welchen man sich der Kompressionsblende nicht bedient, die Fixationsvorrichtungen zur Ruhigstellung des betreffenden Körperteils. Dieselben werden auch nicht überflüssig bei Momentaufnahmen, da neben der einfachen Ruhigstellung die Fixation in einer bestimmten notwendigen Haltung von größter Wichtigkeit ist.

In allererster Zeit begnügte man sich meist mit der durch die eigene Glied- oder Körperschwere und den Willen des Patienten gegebenen Lagerung; die Haltung wurde außerdem durch festdrückende Hände einer dritten Person oder durch Sandsäcke gesichert.

Sandsäcke von länglicher Form zur zweckmäßigen Lagerung, Unterstützung und Fixierung sind auch heute noch sehr empfehlenswert. Dieselben sollen nicht prall, sondern nur zur Hälfte gefüllt sein; dann können sie bequem angelegt oder über Glieder weggelegt werden, so daß sie sich gut anschmiegen.

Fig. 124.



Ein anderes einfaches Fixationsmittel stellen Gazebinden dar; mit wenigen Touren wird das Glied in der gewünschten Stellung gegen die Platte derart fixiert, daß man erst einige Male um das Glied geht, danach rings um Glied und Kassette und eventuell um die Tischplatte herum. Auch die Gummibinde ist praktisch so zu verwenden.

Wesentlich verbessert wurde die Bindenfixation durch R o b i n s o h n-Wien, der die Verwendung der Schlitzbinde einführte nach Art der schematischen Zeichnung (Fig. 124). Er beschreibt die Handhabung folgendermaßen: Nachdem man den zu röntgenographierenden Körperteil mittels der Schlitzbinde umschlungen hat, wird der eine Schenkel der Binde durch einen über der Konvexität des Körperteils in die Binde gerissenen Längsschlitz gezogen. Je eine Person ergreift nun ein Ende der Binde mit der einen Hand, hält es fest, befestigt das Gewicht mittels des

Hakens am Ring und läßt mit der anderen Hand das Gewicht vorsichtig sinken, ohne daß die erste Hand zunächst das Ende der Binde freigibt, damit keine ruckartige Erschütterung des Objektes erfolge. Erst dann läßt man beide Bindenschenkel langsam und vorsichtig gleichzeitig dem Gewichtszuge folgen, so daß sich allmählich und gleichmäßig die Konstriktion vollzieht. Die Belastung betrage auf jeder Seite durchschnittlich 3—4 kg, in manchen Fällen das Doppelte. Als Bindematerial verwende man Kalikobinden.

Außerordentlich wirksam und bequem ist die von Hirschmann-Berlin eingeführte Bandkompressionsvorrichtung, die neben der Fixation eine kräftige Kompression des betreffenden Körperteils bewirkt. In der

Fig. 125.

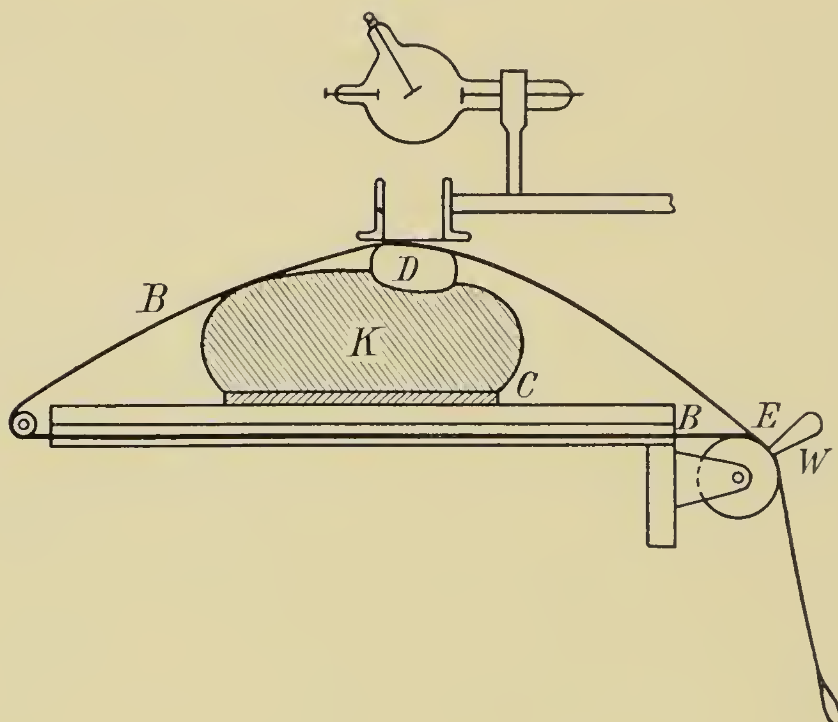


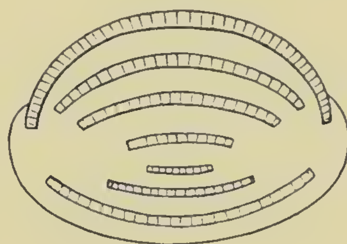
Fig. 125 ist die Konstruktion der Bandkompression, die auf den Aufnahmetisch beliebig aufgelegt wird, schematisch dargestellt.

Das Band B ist über den Körper K gezogen, unter dem die Kassette C liegt; bei E wird es fest eingehängt und durch Abwärtsdrehen des Hebels W allmählich angespannt. Um z. B. tief in das Abdomen komprimierend einzudringen, empfiehlt sich als Unterlage nach dem Vorgehen von Sträter eine Luffapelotte, die nach der Beschreibung von Haenisch sehr praktisch aus einzelnen größeren und kleineren runden Luffaschwammstücken nach Art der folgenden Skizze (Fig. 126) zu einer Halbkugel zusammengefügt und durch ein übergenähtes Stück Leinwand zusammengehalten wird. Man hält sich am besten mehrere solche verschieden große Luffapelotten vorrätig. In Fig. 125 ist bei D eine solche Pelotte in den Körper K eingedrückt.

Wir selbst verwenden dieses Bandkompressorium seit langen Jahren fast bei jeder Aufnahme zu unserer vollsten Zufriedenheit.

Kaestle hat mit Rosenthal-München eine ähnliche, noch verbesserte Fixations- und Kompressionsvorrichtung konstruiert, deren Wirkungsweise aus der Fig. 127 klar wird. Das eine Ende des Gurtes läuft über die Walze c unter der Rolle m und dem Mittelsteg r nach der Walze d, über diese hinweg auf das Untersuchungsobjekt, von ihm über Walze c — auf der beide Gurtenenden sich wieder treffen — zwischen den Armen der Fixiervorrichtung nach dem Spannbügel. Vor beginnender Kompression werden zu beiden Seiten des Körpers die Führungsrollen h und i eingelegt.

Fig. 126.

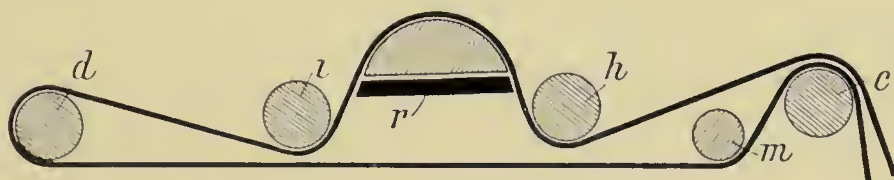


Sträter hat ferner Fixierpelotten empfohlen, die entweder an die Kanten des Aufnahmetisches angeschraubt werden oder zu einem besonderen Feststellapparat[1]) ausgebaut sind. Einen ähnlichen, sehr brauchbaren Apparat hat neuerdings Oberstabsarzt Schmidt-Berlin bei Siemens & Halske bauen lassen.

Für die Einstellung und richtige Zentrierung der Röntgenröhre benutzt man einfachst ein aus einer Blechhülse ausziehbares Zentimetermaß, mit dem gleichzeitig die Entfernung bestimmt wird; oder wir verwenden die S. 176 und 177 beschriebene Kastenblende mit Lotvorrichtung.

Auf den sorgfältigsten Schutz des Untersuchers gegen direktes und sekundäres Röntgenlicht wird erfreulicherweise heute das größte Gewicht gelegt. Für Laboratorien mit beschränkterem Gebrauch kann man sich

Fig. 127.



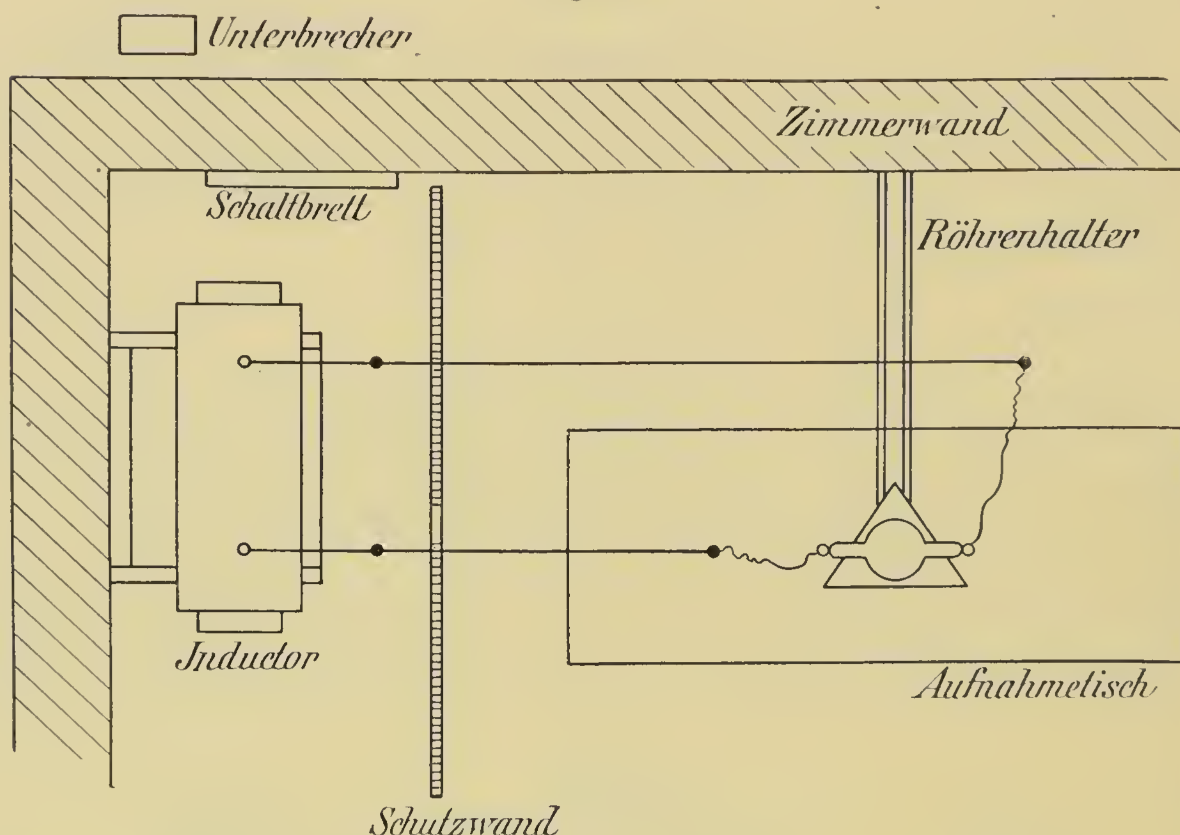
mit einer Schutzwand begnügen. Solche Schutzwände, 190 cm hoch und 100—120 cm breit, in Holz ausgeführt und auf der einen Seite mit 2 mm dickem Bleiblech belegt, werden von den Röntgenfirmen geliefert; man kann sie sich auch von jedem Tischler anfertigen lassen. In Augenhöhe ist ein 10:20 cm großes Fenster aus Gundelachschem Bleiglas angebracht. Rollen gestatten ein leichtes Verschieben der Wand. Die Placierung des Röntgenapparates und der Schalttafel findet dann praktischerweise in einer Ecke des Zimmers statt. Zwischen dem Aufnahmetisch und dem Röntgenapparate kommt die Schutzwand zu stehen, so daß man die Röhre bequem durch das Bleiglasfenster vom Schalttisch aus im Auge hat.

[1]) Lieferant: Mechaniker Schäffer-Aachen, Jakobstr. 41.

Dabei beobachte man ein für allemal die Vorsichtsmaßregel, daß die funktionierende Röhre stets mit der Anodenhälfte der Schutzwand zugekehrt ist, so daß also das Röntgenlicht die Gegend der Schutzwand nicht direkt trifft. Außerdem drehe man die Röhre um ihre Längsachse stets so, daß das Licht gleichzeitig die vordere Kante des Aufnahmetisches nicht überschreitet.

Den sichersten Schutz gewährt jedenfalls das von Albers-Schönberg eingeführte Schutzhaus, welches gewöhnlich aus drei etwa 200 cm hohen Holzwänden mit flachem Dach besteht. Mein eigenes Schutzhaus ist 150 cm breit und 125 cm tief. Die ganzen Innenflächen, auch das Dach

Fig. 128.



sind mit 2 mm dickem Bleiblech ausgekleidet, das mit rotbrauner Ölfarbe gestrichen ist. Der oder die Induktoren finden ihren Platz oben auf dem Dach des Schutzhauses. Da ich nur ein Zimmer von 5 × 5 m zur Verfügung habe, steht mein Schutzhaus in einer Ecke des Zimmers; in der Wandseite nach der Röhre und dem längsgestellten Aufnahmetisch zu ist in Gesichtshöhe ein kleines Bleiglasfenster angebracht. Das Schaltbrett oder der Schalttisch sind gegenüber dem Eingang an der Rückwand des Schutzhauses placiert. Die obige schematische Zeichnung Fig. 128 gibt ein Bild der beschriebenen Anordnung. (An Stelle des Schutzhauses ist hier eine einfache Schutzwand eingezeichnet, der Induktor ist in 2 m Höhe auf einem Wandstativ aufgestellt. Das Schaltbrett ist an der Zimmerwand angebracht, der Unterbrecher außerhalb des Zimmers aufgestellt.)

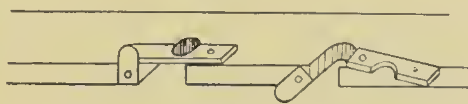
Wichtig ist, die Sekundärdrähte vom Induktor zur Röntgenröhre sicher

und praktisch zu leiten. In der Zimmerdecke habe ich entsprechend den dicken schwarzen Punkten der Fig. 128 20 cm senkrecht herabragende Hartgummistäbe anbringen lassen. Die Sekundärdrähte laufen also zunächst schräg nach aufwärts zu den unteren Enden der in gleicher Entfernung von den Induktorpolklemmen placierten Hartgummistäbe und dann wagrecht weiter zu den zwei entfernteren Hartgummistäben. Diese stehen nicht gleichmäßig, sondern der eine, welcher der hinteren Zimmerlängswand näher herabhängt, ist etwa 50 cm weiter vom Induktor entfernt in die Zimmerdecke eingelassen, damit die zu der stets längsgestellten Röhre herabführenden Drähte, welche durch kleine Gewichte gespannt gehalten werden, niemals in zu große gegenseitige Nähe kommen. Die Röhre liegt auf dem dreieckigen Teile meines Wandarmes, der entsprechend an die Rückwand des Zimmers montiert ist.

Außer dem Schutzhaus habe ich noch eine beliebig zu stellende Schutzwand und sonstige am eigenen Körper zu befestigende Schutzvorrichtungen wie eine Schutzschürze für Brust, Bauch und Oberschenkel, eine Schutzmaske für Gesicht und Hals, Handschützer, die alle aus dem Müller-Röntgenschutzstoff gefertigt sind. Letzterer ist ein für Röntgenstrahlen undurchlässiger, nicht leitender, biegsamer Gummischutzstoff. Aus demselben Material sind auch die Schutzkappen hergestellt, welche der Röntgenröhre so aufgesetzt werden, daß die Kathodenhälfte verdeckt ist. Diese Schutzkappen haben jedesmal entsprechende Blendenansätze mit einer Anzahl bequem einzusetzender Bleiglastuben.

Für die Aufbewahrung der Röntgenröhren, die, wie wir schon betont, möglichst im Röntgenzimmer selbst liegen sollen, habe ich mir rings an den Wänden in Überkopfhöhe Regale anbringen lassen. Die wagrechten Bretter enthalten nach vorn offene, hinten runde Ausschnitte, in welche die Röhren mit dem Anoden- oder Kathodenfortsatz — je nach dem Bau der Röhre — eingeschoben werden; dann wird vorn ein drehbarer Holzriegel vorgeklappt (Fig. 129).

Fig. 129.



Notwendig ist eine verschiedenartige Beleuchtungsmöglichkeit des Röntgenzimmers. Mein Zimmer enthält zunächst zwei einfache, von der Decke herabhängende Pendel mit je einer Glühlampe; außerdem ist im Schutzhaus eine Glühlampe angebracht, die mittels eines Hell-Dunkelschalters beliebig hell eingestellt werden kann. Die Schalter für die genannten drei Glühlampen liegen im Schutzhaus resp. in der Zimmerecke hinter der Schutzwand, bequem vom Schaltbrett aus zu erreichen.

Daß man einen warmen Fußboden haben soll, braucht eigentlich nicht sonderlich erwähnt zu werden, desgleichen, daß sich das Zimmer gut heizen läßt.

Ich will an dieser Stelle noch auf die von Köhler befürwortete

Hygiene im Röntgenzimmer hinweisen. Man lasse bei jeder möglichen Gelegenheit Licht und Luft durch das Fenster einströmen. Die Flächen der Kassetten und des Durchleuchtungsschirmes, mit denen die Patienten in Berührung kommen, sollen stets sorgfältig gereinigt sein und am besten, ebenso wie die Kissen und Kopfrollen mit Papierservietten bedeckt werden; die Bleiglastuben und der untere Rand der Kompressionsblende müssen direkt mit desinfizierenden Flüssigkeiten gesäubert werden.

Ein sehr wichtiger Punkt ist noch das Aufbewahren der Platten, die sich bei einer einigermaßen regen Röntgentätigkeit bald reichlich ansammeln und je mehr desto weniger übersichtlich werden. Zudem ist zu beachten, daß die Platten, wenn sie ohne weiteres übereinander geschichtet werden, sich aneinander reiben, zerkratzt oder sonst beschädigt werden. Jeder wird diesen Übelstand, trotz Vorsicht und Achtsamkeit, schon empfunden haben.

Um das letztere zu vermeiden, haben wir uns, wie die Fachphotographen, Hülsen aus einem durchsichtigen Papier machen lassen[1]). Die Hülsen tragen oben die Aufschrift des betreffenden Arztes oder Krankenhauses, links unten den Namen des Patienten, in der Mitte unten das Datum der Aufnahme und rechts die Diagnose; für jede Plattengröße, die man verwendet, paßt natürlich eine bestimmte Hülsengröße. Ist eine Aufnahme gemacht, so trägt man in der Dunkelkammer gleich den Namen in die Schichtseite ein; ist die Platte trocken, kommt sie in ein entsprechendes Kuvert, auf dem die nötigen Notizen gemacht sind. Wir raten jedenfalls, immer auch auf die Platte Namen und Datum einzuritzen, um später Verwechslungen vorzubeugen.

Sehr angenehm haben wir es auch empfunden, die Bilder auf der Rückseite dieser Papierhülsen durchpausen zu können. Man hat dann stets sofort ein schönes, übersichtliches, zum Demonstrieren passendes Bild vor sich und kann dritten Personen bequem eine wirkliche Einsicht in das Röntgenbild verschaffen.

Die Hauptsache ist nun ein passender Schrank, der, wenn Platz ist, im Röntgenzimmer selbst mit aufgestellt wird. Die Tiefe des Schrankes haben wir innen 42—43 cm genommen, um auch die Platten 40: 50 bequem mit Hülse unterbringen zu können. Das unterste Fach ist etwa 54 cm hoch für die Platten 40: 50, die nächsten entsprechend den Breitseiten der anderen Platten 44, 36, 30 und 26 cm hoch. Das unterste Fach ist einmal geteilt, die beiden nächsten zweimal, die folgenden viermal. Außer dem Schrank haben wir ein Buch angelegt, in welches die Aufnahmen unter dem entsprechenden Anfangsbuchstaben dem Datum nach eingetragen werden; eine weitere Rubrik enthält Angabe der Plattengröße, die nächste die laufende Nummer in der der Plattengröße ent-

---

[1]) L. Schaller, Stuttgart, Marienstr. 14.

sprechenden Schrankabteilung. Den Schluß bildet eine Abteilung für Bemerkungen, Diagnose usw. Man sucht nun unter dem Namen, liest die Nummer im Plattengrößenfach und weiß dann sofort, wo die betreffende Platte steht. Wir müssen diese Einrichtung als äußerst praktisch und leicht übersichtlich empfehlen, alle anders versuchten Anordnungen und Einteilungen, z. B. nach Erkrankungen, nach Körperteilen usw., sind nach unserer Ansicht weniger praktisch. Will man die Platten direkt in ihren Kästen aufheben, ordnet man sie in derselben Weise und klebt auf jeden Kasten außen einen weißen Zettel auf, der den Namen und die Diagnose enthält. So kann man auch ohne Schrank für kurze Zeit auskommen.

Eine unserer Plattenordnung ähnliche hat Stein[1]) mitgeteilt, wie sie in der Berliner chirurgischen Universitätsklinik im Gebrauch und praktisch befunden ist.

Desgleichen haben Holzknecht & Kienböck ihre Einrichtung des Plattenarchivs mitgeteilt[2]), die es gestattet, die gesuchte Platte schnell und sicher zu finden 1. nach dem Namen der Patienten, 2. nach Diagnosen und 3. nach Körperteilen.

Jeder muß sich aus diesen drei resp. vier Ordnungsarten selbst die ihm am meisten zusagende aussuchen.

Daß eine Röntgenröhre durch unvorsichtige Handhabung, durch Anschlagen zerspringen kann, ist wohl möglich, doch sehr selten. Um die Augen des Patienten vor solchen zersplitternden Glasteilchen zu schützen, genügt es, den Patienten beim Einstellen der Röhre ein für allemal die Augen schließen zu lassen oder das Gesicht des Patienten mit einem Tuch zu bedecken.

Außer den hier beschriebenen Tischen, Stühlen, Bänkchen, Stativen usw. sind im Laufe der Jahre noch eine sehr große Anzahl Spezialkonstruktionen entstanden, von denen einzelne außerordentlich praktisch sind und in späteren Kapiteln noch Erwähnung finden müssen. Auf alle hier einzugehen, liegt nicht im Wesen dieses kurzgefaßten Handbuches. Die ausgezeichneten Kataloge der verschiedenen Röntgenfirmen erleichtern an der Hand zahlreichster Abbildungen die Wahl im einzelnen Falle.

Durchleuchtung und Meßvorrichtungen.

Wie wir wissen, gibt uns nicht allein die photographische Platte in der rechten Weise von den Röntgenstrahlen belichtet, mehr oder weniger guten Aufschluß über die Verhältnisse des inneren Menschen, sondern wir besitzen in dem Durchleuchtungsschirm ein zweites Mittel, vermittels dessen wir den Körper direkt durchmustern können.

[1]) Fortschr. a. d. G. d. Röntgenstr. Bd. V, Heft 3, S. 183.

[2]) Fortschr. a. d. G. d. Röntgenstr. Bd. V, Heft 3, S. 308.

Der Durchleuchtungsschirm ist in derselben Weise hergestellt wie der oben beschriebene Verstärkungsschirm. Früher wurde nur das gleich zu Anfang von Röntgen benutzte, gelblichgrüne Bariumplatincyanür benutzt, während neuerdings Rupprecht-Hamburg eine andere Leuchtmasse hergestellt hat, die bei Tageslicht weiß aussieht, von Röntgenstrahlen getroffen ähnlich dem Bariumplatincyanür aufleuchtet. Rupprecht nennt seinen Schirm Astraldurchleuchtungsschirm. Die Leuchtkraft dieser Astralschirme ist stärker als bei den alten Schirmen, und ihre Haltbarkeit ist größer, nur phosphoresziert die Leuchtmasse, d. h. sie leuchtet nach, im Gegensatz zum Fluoreszieren des Bariumschirmes. Bei vielen Untersuchungen stört aber das Nachleuchten nicht. Da diese Astralschirme außerdem wesentlich billiger sind, bürgern sie sich immer mehr ein.

Alle Durchleuchtungsschirme werden in den verschiedenen Größen in Holzrahmen mit Schutzhandgriffen hergestellt; die Leuchtmasse, welche auf einem guten weißen Kartonpapier in gleichmäßiger Dicke aufgetragen ist, ist mit Bleiglas zum Schutz des Untersuchers überkleidet.

Um auch die größten Körperregionen übersichtlich zu beherrschen, genügt ein Schirm von der Größe 30:40 cm vollauf. Da aber die Teile des Schirmes, die neben dem zu durchleuchtenden Gegenstand von den Röntgenstrahlen direkt getroffen werden, besonders hell erscheinen und das Auge blenden, so wirken diese grellen Partien wiederum störend für die genaue Durchmusterung des Schattenbildes. Es ist deshalb angebracht, den Schirm immer nur so groß zu nehmen, als gerade der betreffende zu durchleuchtende Körperteil ist, oder aber sich zuerst mit einem größeren topographisch zu orientieren und dann mit einem kleineren an die Deutung der jeweiligen Feinheiten heranzugehen. Die sachgemäße Verwendung von Blenden ist hier besonders wichtig.

Der Schirm wird stets im Dunkeln aufbewahrt; er hängt deshalb am besten an einer 50 cm langen Bindenschlinge, die an der Breitseite des Schirmes angebracht ist, mit dem Gesicht gegen die Wand.

Will man sich allein einen Überblick resp. Durchblick verschaffen, ohne dabei anderen zu demonstrieren, oder findet die Durchleuchtung in einem nicht vollkommen dunklen Raume statt, so kann man einen Schirm kleineren Formates zum Boden eines stereoskopartigen Kastens machen, der aus schwarzer Pappe oder dünnem, schwarz lackiertem Holz besteht. Derartige Apparate, Fluoroskop oder Kryptoskop genannt, werden in sachgemäßer Ausstattung geliefert. Ein Handgriff mit Schutzvorrichtung dient der bequemeren Handhabung, die Öffnung für die Augen ist mit Pelz bekleidet, so daß das Tageslicht durch Anlegen des Gesichtes vollkommen vom Schirm abgehalten wird; die Durchleuchtungsschirme können beliebig aus dem Boden der Fluoroskope herausgenommen werden.

Neben der vollkommenen Verdunkelung des Röntgenzimmers ist die gehörige Anpassung unserer Augen an die Dunkelheit von ausschlaggebender Bedeutung. Die Aufnahmefähigkeit unserer Augen für schwächste Lichtreize wächst nämlich nach mehrminutigem Aufenthalt im Dunkel immer mehr, so daß von erfahrenen Untersuchern bis 10 Minuten zur Adaption verlangt werden. Wer es einrichten kann, nehme die Durchleuchtungen möglichst abends vor (Köhler); oder man treffe wenigstens alle Vorbereitungen, während das Röntgenzimmer vom Tageslicht schon ganz abgeschlossen und nur schwach künstlich oder indirekt beleuchtet ist.

Die Anordnung der Apparate bei der Durchleuchtung ist natürlich ganz dieselbe wie bei der Röntgenographie; an den Platz der photographischen Platte kommt der Durchleuchtungsschirm und das Auge des Beobachters. Wir haben also der Reihe nach

Röntgenröhre,
Patient,
Durchleuchtungsschirm,
Beobachter,

und zwar ist die Schichtseite des Schirmes dem beobachtenden Auge zugewandt. Alle die Vorschriften, die für das Zustandekommen eines exakten, getreuen Bildes notwendig sind, habe ich früher aufgeführt, trotzdem will ich noch einmal an die Wichtigkeit der genauen Einstellung und der geforderten Schirmstellung erinnern. Jeder Teil des Körpers nämlich, der im Augenblick genau durchmustert werden soll, muß sich in der Lichtachse befinden, entsprechend der schematischen Zeichnung auf S. 165, 167 und 208. Nur so ist man in der Lage, möglichst unverzerrte Bilder vor sich zu haben. Wir kommen hierauf noch einmal ausführlich zurück bei der Besprechung der Meßmethoden.

Die Durchleuchtung nehmen wir im Stehen, Sitzen oder Liegen des Patienten vor, je nach dem besonderen Körperteil, und je nachdem wir z. B. bei der Herzdurchleuchtung und Messung die Verhältnisse im Stehen oder Liegen darzustellen wünschen.

Für alle Durchleuchtungen im Liegen brauchen wir einen Tisch, dessen Platte für Röntgenstrahlen leicht durchgängig ist und bei dem sich die Röhre unterhalb des Tisches bequem anbringen läßt. (Tisch von Hamann, Durchleuchtungskasten von Forssell [S. 191], oder sonstige noch zu beschreibende Tischmodelle. Trochoskop genannt.)

So werden gewöhnlich die Patienten bei Kopfdurchleuchtungen sitzen; bei Durchleuchtungen der Füße und unteren Extremitäten läßt man den Patienten auf einem auf den Aufnahmetisch gestellten Stuhl Platz nehmen oder auch liegen. Bei den übrigen Durchleuchtungen stehen die Personen, während der Arzt vor ihnen sitzt, oder sie liegen auf dem Tisch und der Arzt steht über sie gebeugt.

Bei allen Durchleuchtungen sind Blenden angebracht. Zwei Gesichtspunkte sind für die Bleiblendentechnik maßgebend und gleich wichtig, erstlich die Erzielung recht klarer Bilder und zweitens der Schutz des Patienten und des Untersuchers gegen die Röntgenstrahlen. Die Ausbildung dieser Vorrichtung verdanken wir hauptsächlich Levy-Dorn. Der universelle Blenden- und Schutzapparat von Levy-Dorn[1]) stellt wohl noch heute den vollkommensten Apparat für Durchleuchtungen, für Aufnahmen (und therapeutische Bestrahlungen) dar. Diese und ähnliche Bleikistenblenden, welche Albers-Schönberg in seiner Röntgentechnik, IV. Auflage, S. 236 ff. ausführlichst beschrieben hat, und alle anderen, welche diesen Modellen nachgebildet sind, haben gemeinsam, daß die Röhre innerhalb eines für Röntgenlicht möglichst undurchlässig gemachten Kastens untergebracht ist, daß aber trotzdem das Beobachten der Röhre durch kleine Bleiglasfenster möglich ist. Die Einrichtung gibt also Gewähr, daß nur die das entsprechend gewählte Bleidiaphragma passierenden Röntgenstrahlen aus dem Kasten austreten können. Levy-Dorn hat seinen Schutzkasten allseitig leicht beweglich innerhalb eines solide ausgeführten großen Gestells aufgehängt, so daß man mit dem Röhrenkasten unbehindert über oder unter dem Aufnahmetisch in jeder Stellung arbeiten und auch das Kompressionsverfahren nach Albers-Schönberg ausüben kann.

Um den Durchleuchtungsschirm nicht selbst halten zu müssen und somit freier in seinen Hantierungen zu sein, kann derselbe an der Zimmerdecke oder an einem eigenen Gestell gut ausbalanciert und leicht verschiebbar aufgehängt werden. Holzknecht und Kienböck haben mit dieser Vorrichtung vorbildlich gewirkt, desgleichen mit ihrer Hängeblende[2]), die ein außerordentlich bequemes, strahlensicheres und schnelles Arbeiten gestattet; ähnlich ist das Universalgestell[3]) von Köhler gebaut, das aus einem Röhrengestell und Schirmgestell besteht, die korrespondierende Zentimeterstäbe tragen; Durchleuchtung und Aufnahme gestalten sich sehr einfach, auch für die Fernaufnahmen ist Köhlers Gestell besonders geeignet.

Hat man keine ausbalancierte Blende zur Verfügung, so hängt man den Durchleuchtungsschirm bei Thorax- oder Bauchdurchleuchtungen dem stehenden Patienten mittels einer Schlinge um den Hals.

Wir haben für die Röntgenoskopie noch einige Kleinutensilien nötig.

Zum Schreiben und Zeichnen auf der Glasplatte des Schirmes brauchen wir einen Ölglasstift, zum eventuellen Punktieren auf dem Körper hinter dem Schirm einen Punktographen. Beim Polyphos-Punktograph sitzt an einem langen schmalen Stäbchen ein Metall-

---

[1]) Lieferant: Siemens & Halske, A.G., Wernerwerk, Berlin-Nonnendamm.

[2]) Lieferant: Otto Sommer, Wien VII, Richtergasse 12.

[3]) Lieferant: Philipp Berghäuser, Wiesbaden, Wellritzstraße 32.

ring. Ein Druck auf einen an dem Handgriff des Stäbchens befindlichen Knopf läßt in das Zentrum des Ringes einen Farbstift vorspringen, der den betreffenden Punkt markiert.

Sehr praktisch ist auch der nach Levy-Dorns Angaben von Hirschmann gefertigte Dermograph. Derselbe besteht aus einer 30 cm langen und 0,4 cm dicken metallenen Hohlsonde, deren eines Ende mit einem Gummibeutel umschlossen ist. Der Beutel ist mit Methylenblau gefüllt, und ein feiner Docht führt den Farbstoff durch die Sonde bis zum umgebogenen Schreibende.

Bei der Untersuchung wird der Dermograph zwischen Patient und Schirm gebracht, das Bild seiner metallenen Teile erscheint deutlich neben dem Schatten der Organe. Man stellt den Dermographen so ein, daß sich der Schatten seines Endes mit dem Schatten irgend eines Punktes des zu bestimmenden Organes deckt, markiert durch leichten Druck auf den Gummibeutel die Haut und wiederholt dieses Verfahren, bis man das ganze Organ umschrieben hat. Damit erhalten wir die sogenannten röntgenoskopischen Hautfiguren.

Außerdem brauchen wir noch Bleimarken, kleine Metallringe, Bleidrähte, die wir mit Heftpflaster am Körper festkleben, um auf diese Weise bestimmte Punkte und Linien auf dem Leuchtschirm zu markieren.

Um die Magen-, Dünndarm- und Dickdarmteile bei der Durchleuchtung auseinander zu wälzen und getrennt sichtbar zu machen, bediente man sich früher nach Holzknecht der massierenden Hand. Statt dessen hat Holzknecht ein besonders mit Löffel und Handgriff armiertes Instrument, Distinktor genannt, konstruiert; der Löffel wird hinter dem Schirm in das Abdomen gedrückt, der Handgriff und die Hand liegen strahlensicher vor dem mit Bleiglas bedeckten Schirm. Krause hat zu den gleichen Palpationen einen runden Durchleuchtungsschirm von 20 cm Durchmesser eingeführt, welcher mit zwei Handgriffen versehen ist.

Zum Schutze unserer Augen sind Brillen mit Bleiglas oder nach den Untersuchungen von Paul Krause mit Hygatglas[1]) notwendig; da Hygatglas für ultraviolette Strahlen fast undurchlässig ist, ist es auch sonst bei grellem Licht empfehlenswert.

Einige Bedingungen für gute brauchbare Durchleuchtungsbilder hatten wir schon im vorhergehenden besprochen. Das Licht muß recht ruhig und gleichmäßig sein, ich verweise deshalb auf das Kapitel über den Unterbrecher. Ferner kann man geradezu von Durchleuchtungsröhren sprechen. Da wir nämlich auf dem Schirm nicht so feine Strukturbilder wie auf der Platte erwarten, braucht die Röhe keinen so kleinen Brennpunkt zu haben.

---

[1]) Fabrikant: Rodenstock, München.

Ferner müssen wir uns, wie beim Aufnahmeverfahren, mit der Röhrenqualität der Dicke des zu durchleuchtenden Objektes anpassen; für den Brustkorb nehmen wir weichere, für die Baucheingeweide z. B. härtere Röhren. Je härter nun die Röhre und je dicker und ausgedehnter das Objekt, um so mehr nimmt die schädliche Sekundärstrahlung zu. Die Durchleuchtungsbilder werden verschleiert, wenig kontrastreich. Die Abblendung zwischen Röhre und Körper hilft zwar etwas, doch nicht genug. Bucky hat nun den genialen Schritt getan, zwischen Körper und Schirm ein Blendensystem einzuschalten, das mit einem Schlage die schleiernde Körperstrahlung wegschafft. Er hat eine Wabenblende konstruiert, bei der Kupferstreifen zu einem Gitter vereinigt und so angeordnet sind, daß sie sich alle in einem Punkte, nämlich dem Fokus der Röhre, bei einem bestimmten, stets gleichen Abstand schneiden. Die Maschen dieses Gitters stellen also kleine Zylinder dar, die nun den allergrößten Teil der kreuz und quer schießenden Körperstrahlen auf ihren Seitenwänden abfangen. Die Kupferstreifen erscheinen auf Platte und Schirm bei zentrierter Einstellung als dünne Linien, wie ein Drahtnetz. Waren die Röntgenaufnahmen mit der Wabenblende schon überzeugend, so sind die Durchleuchtungen noch viel überraschender und durch ihre Klarheit und Schönheit verblüffend. Der 4 cm große Abstand zwischen Körper und Schirm stört gar nicht, ebensowenig die Netzzeichnung; sie kommt einem nach Augenblicken überhaupt nicht mehr zum Bewußtsein. Vor allem wichtig ist, daß wir gegenüber den kleinen Blendenbildern große kontrastreiche Übersichtsbilder vor uns haben. Von größter Bedeutung ist — ich habe mich von allem diesem selbst überzeugen können —, daß ganz harte Röhren zu diesen Buckyschen Durchleuchtungen genommen werden können, ohne daß dadurch der Kontrastreichtum und die Schönheit der Bilder leidet.

Selbstverständlich ist eigentlich, daß wir alle Körperteile vollkommen entkleidet durchleuchten. Schatten wirft die Kleidung doch, das weiß jeder, der seinen Arm mit dem Ärmel schon mal zwischen Schirm und Röhre gehalten hat, auch ist in den verschiedenen Kleidungsstücken noch alles mögliche Material enthalten, wie Knöpfe, Stangen, Schnallen usw., die durch ihre Schattenbildung äußerst störend für die Gesamtbetrachtung wirken und Sehenswertes direkt verdecken können. Hierzu kommt vor allen Dingen noch, daß die Durchleuchtung ja überhaupt nie für sich allein vom Arzte angewandt wird zur Bestimmung irgend einer Erkrankung, sondern stets mit allen sonst passenden Untersuchungsmethoden Hand in Hand zu gehen hat, für die ja gleichfalls die Entkleidung ein Erfordernis ist. Nur so ist der Untersucher imstande, das, was er auf dem Schirm sieht, richtig zu deuten, sich vor Täuschungen und Fehlern zu hüten. Es kann nicht dringend genug davor gewarnt werden, zu einseitig bei Durchleuchtungen vorzugehen. Hat die photo-

graphische Platte schon so manchen zu den gröbsten Irrtümern verleitet, um wie viel mehr tut dies das flüchtige Schirmbild, wenn es nicht mit den nötigen Vorkenntnissen, mit der notwendigen Kritik und Objektivität gemustert und gedeutet wird.

Der Wert der Durchleuchtungsbilder ist für den geübten Untersucher natürlich ein viel größerer als für den ungeübten. Wie man beim Mikroskopieren immerfort lernt, und wie der bessere Mikroskopierende mehr zu sehen imstande ist, so verhält es sich auch mit dem Röntgenoskopieren.

Eine ganze Reihe von Vorteilen haften entschieden den Durchleuchtungsbildern an. Erstlich ist die Technik grob betrachtet weniger mühsam als der photographische Prozeß; dann ist besonders wertvoll die Schnelligkeit, mit der wir uns die Bilder verschaffen können. Wir sind imstande, die Momentbilder eines Gliedes in allen möglichen Stellungen und in der denkbar kürzesten Zeit zu studieren. Das Hervorragendste leistet der Schirm aber darin, daß wir in Bewegung begriffene Organe und Gelenke in allen Richtungen direkt beobachten können.

Legen wir uns danach die Frage vor, wann kommt die Platte, wann kommt der Schirm zur Diagnosenstellung in Frage, so ist die Antwort nach dem Vorangegangenen eigentlich recht leicht.

Die Domäne der Röntgenoskopie bilden die in Bewegung begriffenen Organe und dünnen Gelenke, vor allem die im Brustkorb eingeschlossenen Organe und der durch besonders eingeführte Speisemischungen sichtbar gemachte Magen-Darmtraktus. In allen sonstigen wichtigen Fällen werden wir uns wegen der größeren Exaktheit und wegen der Objektivität der Bilder möglichst nur auf die photographische Platte verlassen.

In vielen Fällen, wo man etwas Pathologisches vermutet, und überhaupt vor den meisten Aufnahmen findet die einleitende Untersuchung mit dem Schirm statt. Wir durchmustern das betreffende Glied von allen Seiten und überzeugen uns so einmal, ob wohl überhaupt etwas Krankhaftes, durch die Röntgenuntersuchung Nachzuweisendes vorliegt, und suchen uns, wenn eine röntgenographische Fixierung erwünscht ist, die Stellung und Haltung des Gliedes aus den unzählig möglichen heraus, in der man das deutlichste und treffendste Bild bekommt. Ferner gibt es eine ganze Reihe von Gelenkveränderungen oder Verletzungen, wo man sich in gleicher Weise zuerst mit dem Schirm orientiert, bei welchem Beugegrade die eventuelle Difformität am besten zur Anschauung gebracht werden kann. Die allergrößte Bedeutung hat, wie schon gesagt, die Schirmuntersuchung für alle die Teile des Körpers, die sich in Bewegung befinden und in der Bewegung beobachtet werden

sollen; da gibt es Aufschlüsse, die eben nur das schauende Auge an den arbeitenden Organen erkennen und die das beste Röntgenogramm nicht verraten kann. Aber nochmals muß betont werden, daß das Schirmbild ja recht sorgsam und kritisch aufgenommen und nicht leichtfertig in dasselbe Dinge hineingesehen werden, die gar nicht da sind. Das „Zwischen-den-Zeilen-Lesen" ist bei dem Röntgenstudium nicht angebracht. Wenn wir hören, wie von einigen Forschern das Röntgenogramm stiefmütterlich behandelt wird, so muß man das im Interesse der Objektivität entschieden bedauern. Das Röntgenogramm ist das weniger trügliche, die photographische Platte hat den großen Vorzug vor dem menschlichen Auge, die schnell aufeinander folgenden unzähligen Lichteindrücke zu sammeln, zu addieren und so ein vollkommeneres Bild darzubieten, als es das Schirmbild kann. Ein gutes Röntgenogramm in Verbindung mit der Schirmbetrachtung gibt jedenfalls die sicherste Auskunft.

Hierher gehört auch das Verfahren von Levy-Dorn, Bewegungsvorgänge von Organen wenigstens bis zu einem gewissen Grade auf der photographischen Platte festzuhalten. Levy-Dorn exponiert zu diesem Zwecke auf dieselbe (nicht gewechselte Platte) ein Organ in Zwischenräumen von 3—5 Sekunden in der Regel dreimal bei einer Fokusdistanz von 60 cm und einer Expositionszeit von je $^1/_{10}$—$^1/_4$ Sekunde. Um die Reihenfolge der drei Bilder auf der resultierenden Platte sicher zu erkennen, wird von Aufnahme zu Aufnahme die Röntgenröhre automatisch ein wenig vertikal bewegt. Levy-Dorn nennt die so auf eine Platte projizierten Bilder Polygramme.

Da es häufig erwünscht ist, die Schirmbilder festzuhalten, so spannt man über die Glasplatte des Schirmes ein durchsichtiges Papier- oder Zelluloidblatt, auf diesem kann man das Bild mit Bleistift nachzeichnen oder man zeichnet auf dem Glas direkt mit dem Ölglasstift.

Hoffmann-Düsseldorf, der sich bemüht hat, die Durchleuchtung bei Erkrankungen innerer Organe praktisch, rasch und leicht, dabei aber nach einer gewissen Einheitlichkeit und nach einem sicheren Maßstabe auszuführen, hat schon vor langen Jahren einen Apparat konstruiert, der besonderer Erwähnung verdient.

Sein Meßstativ dient dazu, beim Durchleuchten und beim Röntgenographieren Messungen der Lage und der Größe innerer Organe oder von Fremdkörpern vorzunehmen; es besteht aus einem quadratischen Rahmen von 50 cm Seitenlänge, welcher sich zwischen zwei senkrechten Säulen auf und ab schieben läßt.

Der bewegliche Rahmen trägt auf allen vier Seiten Schienen aus Messing, auf denen je drei Messingschieber gleiten. Je zwei gegenüberliegende Schieber sind durch gespannten 1,5 mm starken Stahldraht verbunden. Wir haben also drei vertikal und drei horizontal verschiebbare Drähte.

Die gegenseitige Entfernung dieser parallel gespannten Drähte kann man an einer neben den Gleitschienen angebrachten Millimetereinteilung ablesen. Das Gestell ist recht stabil gebaut, so daß Wackelbewegungen ausgeschlossen sind. Außerdem ist an der dem Beschauer zugewandten Seite gleichfalls vertikal verschieblich und in einer Angel drehbar eine Vorrichtung angebracht, auf welche man den Leuchtschirm oder eine Kassette mit Platte befestigen kann.

Die Anordnung bei der Untersuchung, die sich auf die Brustorgane bezieht, ist dann also: Beschauer, Schirm, Rahmen mit Meßdrähten, Patient, Röhre; der Patient sitzt oder steht dabei.

So stellt man sich z. B., bevor man verdunkelt, die gewünschten Punkte und Linien der Thoraxwand, Mittellinie, Mammillarlinien, durch eine horizontale Linie die Papillen usw. ein. Die 1 mm dicken Drähte markieren sich auf dem hellen Schirm als dunkle Linien, und man kann mit den übrigen Drähten das Herzbild begrenzen und nachher messen. Vor allem ist es möglich, die Schirmbilder in Beziehung zu den Orientierungspunkten der Körperoberfläche zu bringen und somit einen Vergleich des Bildes mit dem durch Palpation, Auskultation oder Perkussion erlangten Resultate herbeizuführen.

Derselbe Vorteil ergibt sich bei der Photographie. Man sieht auf dem Röntgenogramm gleichfalls die vorher durch Drähte bezeichneten Linien und kann überhaupt jeden gewünschten Punkt durch Linienkreuzung einstellen.

Obwohl heute noch weit exaktere Untersuchungsvorrichtungen geschaffen sind, erwähne ich diesen Hoffmannschen Rahmen doch so ausführlich, weil dieser der Vorgänger der heutigen Meßapparate gewesen ist; damit kommen wir zum zweiten Teil dieses Kapitels, zu der

Orthoröntgenoskopie.

Wir haben bereits 1898 betont, daß sich jeder Teil eines Körpers, der im Augenblick durchmustert werden soll, in der Lichtachse befinden muß. Levy-Dorn hat diesen Satz, besonders in bezug auf die Größenbestimmung des Herzens, auf dem Karlsbader Kongreß für innere Medizin 1899 so formuliert, „daß nur Untersuchungen bei parallel und senkrecht einfallenden Strahlen die Möglichkeit gewähren, uns über topographische Schwierigkeiten und projektive Verzerrungen ohne große Mühe hinwegzuhelfen“.

Moritz hat in seiner ersten Arbeit 1900 „Eine Methode, um beim Röntgenverfahren aus dem Schattenbilde eines Gegenstandes dessen wahre Größe zu ermitteln (Orthodiagraphie) und die exakte Bestimmung der Herzgröße nach diesem Verfahren“ denselben Satz noch besser so ausgesprochen: „Man hat nichts weiter nötig, als aus dem ganzen Strahlenbündel, das von der Antikathode ausgeht, einen bestimmten, und zwar

den senkrecht zum Projektionsschirm gerichteten Strahl in geeigneter Weise kenntlich zu machen und nur mit diesem einen Strahl die einzelnen Punkte des Umrisses des aufzunehmenden Gegenstandes auf den Schirm zu projizieren und dort zu bezeichnen."

Wir wollen uns dieses wichtige Prinzip an zwei kleinen Figuren noch einmal vergegenwärtigen.

In Fig. 130 trifft eine mitten auf dem Leuchtschirm L errichtete Senkrechte die Mitte des Objektes a—b und den Brennpunkt des Antikathodenbleches der Röhre R, mit anderen Worten, die Mitte des Objektes a—b liegt in der Lichtachse. Zeichnen wir bei dieser Anordnung das auf dem Leuchtschirm L entstehende Bild von a—b auf diesen oder auf der gewölbten Körperoberfläche K exakt auf, so erhalten wir das

Fig. 130.

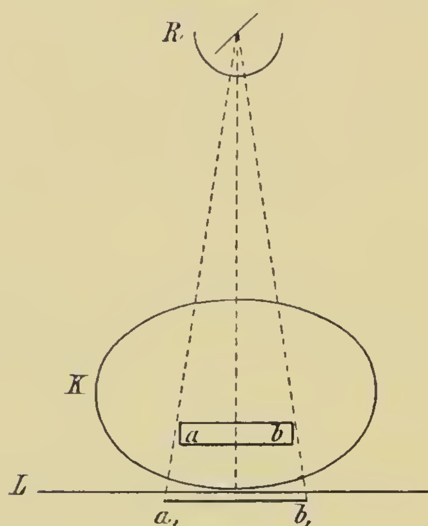
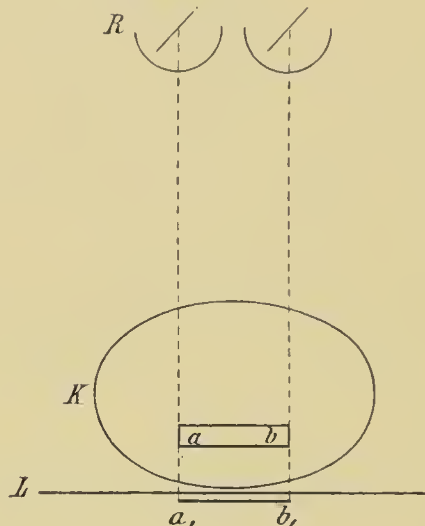


Fig. 131.



vergrößerte Bild a_1—b_1. Dieses Bild hat also nichts mit der wahren Größe a—b zu tun, solange wir mit den üblichen Abständen von 60—70 cm zwischen Fokus und Schirm arbeiten.

In Fig. 131 bringen wir dagegen zunächst die linke Seite von a—b in die Lichtachse und markieren den scharfen Schatten bei a_1 auf L und K, danach verschieben wir die Röhre R so weit nach rechts, daß die rechte Seite von a—b in die Lichtachse fällt, und zeichnen den scharfen Schatten bei b_1 auf K und L an. Jetzt hat das Bild a_1—b_1 die wahre Größe des Objektes a—b.

Wir haben also im zweiten Fall die Konturen des Gegenstandes a—b mit parallel senkrechten Strahlen auf der Körperoberfläche und auf dem Schirm, resp. auf ein über dessen Schichtseite gespanntes durchsichtiges Papier aufgezeichnet.

Führen wir dies z. B. am Herzen aus, indem Patient mit der Brust dem Röntgenschirm anliegt, so erhalten wir die röntgenoskopische Hautfigur des Herzens und gleichzeitig die Herzfigur resp. Teile derselben auf die plane Fläche des Papiers projiziert. Mit dem Zirkel gemessen

ist die Größe der beiden Figuren gleich groß und gleich der wahren Breite des Herzens.

Um diese Haut- und Flächenzeichnung exakt ausführen zu können, dazu brauchen wir einen Apparat mit verschiedenen Nebenvorrichtungen; ein solcher ist zuerst von Moritz angegeben worden.

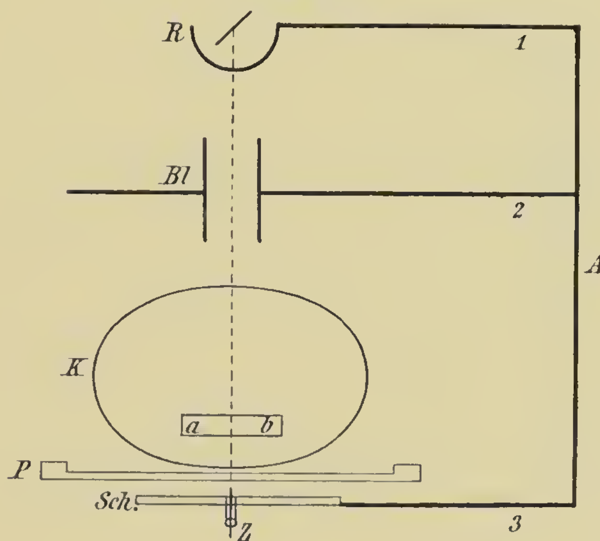
Moritz hat zum ersten Male mit Hilfe eines]-förmigen Gestelles Zeichenstift und Röntgenröhre unverrückbar miteinander verbunden und in einer horizontalen Ebene allseitig leicht beweglich gemacht.

Aus nachstehender schematischer Zeichnung wird sofort das Prinzip dieser Apparate klar, welche an Exaktheit der Messung bisher das Beste leisten (Fig. 132).

Mit dem Arm A sind unverrückbar in paralleler Anordnung verbunden

1. durch das Querstück 1 die Röntgenröhre R,
2. durch das Querstück 2 die Blende Bl,
3. durch das Querstück 3 der Durchleuchtungsschirm Sch.

Fig. 132.



Letzterer ist in der Mitte durchbohrt; hierdurch ragt senkrecht eine Punktier- oder Zeichenvorrichtung Z[1]).

Vor die Blende kommt der zu durchleuchtende Körper K, unmittelbar vor diesem und damit hinter dem Durchleuchtungsschirm und mit diesem parallel befindet sich ein Zeichenpapier P, beide feststehend.

Um stets mit dem gleichen, A parallelen und damit auf Sch senkrechten Röntgenstrahl zu arbeiten, wird zunächst der Brennpunkt der Röntgenröhre R, die Mitte der Blende Bl und die Achse der Zeichenvorrichtung Z in eine Gerade genauestens eingestellt.

Die Einrichtung ist nun derart, daß die Parallelverschiebung der

[1]) Neuerdings hat Bardachzi eine Punktographenvorrichtung konstruiert, die an jedem Leuchtschirm angebracht werden kann, ohne daß der Leuchtschirm mit einem zentralen Loch versehen zu werden braucht. Lieferant: Veifa-Werke, Aschaffenburg.

drei aus A ausgehenden Arme nach rechts und links, nach oben und unten möglich ist.

Setzen wir bei dieser Einstellung die Röntgenröhre R in Betrieb, so liegt die Mitte von a—b in der Lichtachse, desgleichen die Durchbohrungsstelle des Durchleuchtungsschirmes Sch, in dem Punkte (Zeichenvorrichtung).

Um von dieser Mittelstellung aus a—b mit dem Zentralstrahl zu konturieren, bringen wir zuerst durch Verschieben des ganzen Rahmens nach links die Seite a an den Punkt der Zeichenvorrichtung auf dem Durchleuchtungsschirm und markieren diesen Punkt auf dem Zeichenpapier P, danach in derselben Weise die Seite b. Oder lassen wir das ganze Zeichenpapier fort, so markieren wir die beiden Punkte auf der Körperoberfläche selbst.

Im ersten Falle haben wir die der wahren Größe von a—b entsprechende röntgenoskopische Zeichenfigur, im zweiten die röntgenoskopische Hautfigur.

Die Wabenblende von Bucky wird praktischerweise exakt zentriert und in der richtigen Fokusentfernung mit dem Arm 3 in Fig. 132 zwischen dem Körper K und dem Schirm Sch verbunden.

Durch die Konstruktion dieses Apparates und die Ausbildung seiner exakten Zeichentechnik ist Moritz tatsächlich der Vater der Orthoröntgenographie geworden. Wir sollten deshalb, wie dies in der Medizin ein so schöner allgemeiner Brauch ist, auch die ganze Methode als Moritzsche bezeichnen.

Der von Moritz bereits im Jahre 1900 konstruierte Horizontalapparat[1]) enthält heute neben sonstigen nachträglichen Verbesserungen die Röntgenröhre in einem Bleiblendenkasten angeordnet, so daß der Untersucher gänzlich gegen das Röntgenlicht geschützt ist.

Die röntgenoskopischen Hautfiguren ergeben dadurch, daß z. B. das Herz auf die Brustwand aufgezeichnet wird, eine exakte Topographie; während die Projektion auf das Zeichenpapier zwecks genauer topographischer Orientierung die Übertragung gewisser Merkpunkte (Mittellinie, Jugulum, Rippen, Sternum, untere Thoraxapertur, Mammillen) erfordert.

Deshalb hat Groedel die Vorrichtung zur direkten und gemeinsamen Aufzeichnung des Orthoröntgenogramms und der Orientierungspunkte des Körpers auf eine ebene Fläche konstruiert und damit den vorzüglichen Apparat von Levy-Dorn[2]) noch vervollständigt. Entsprechend der folgenden schematischen Zeichnung (Fig. 133) erreicht Groedel seinen Zweck dadurch, daß der Zeichenschirm P vom Standpunkt des Untersuchers aus hinter die Röhre verlegt ist; der vordere Durchleuchtungsschirm Sch ist gegen einen Führungsstift auswechselbar.

---

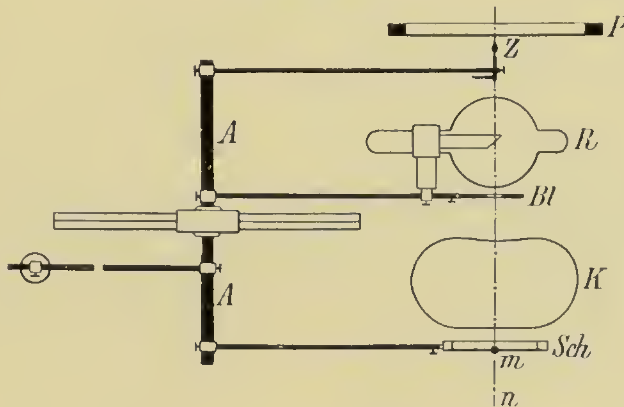
[1]) Lieferant: Polyphos-Gesellschaft, München, Schillerstraße.

[2]) Lieferant: Reiniger, Gebbert & Schall-Erlangen.

Nachdem also das Orthoröntgenogramm in üblicher Weise beendet ist, wird die Röntgenröhre ausgeschaltet, der Raum erhellt, an Stelle des Leuchtschirms der Führungsstift vorn eingesetzt, und nunmehr werden die vorher auf der Körperoberfläche mit Fettstift markierten Merkpunkte ebenfalls auf das hintere Zeichenpapier P aufpunktiert, auf welches zuvor das Orthoröntgenogramm aufgezeichnet wurde. Der Schreibstift Z wird dabei stets pneumatisch betätigt.

Auf dem I. Röntgenkongreß 1905 veröffentlichte Immelmann die Leppersche Methode der Orthophotographie des Herzens, die darin besteht, an Stelle des Zeichenpapiers P in Fig. 132 eine Kassette mit Platte armiert zu fixieren und nun nach Einschaltung der Röhre unter Kontrolle des Durchleuchtungsschirmes das Herz mit dem senkrechten Röntgenlicht bei kleiner Blende zu umziehen; dabei wird das Herz auf der Platte in richtiger Größe röntgenographiert. Rieder hat die

Fig. 133.



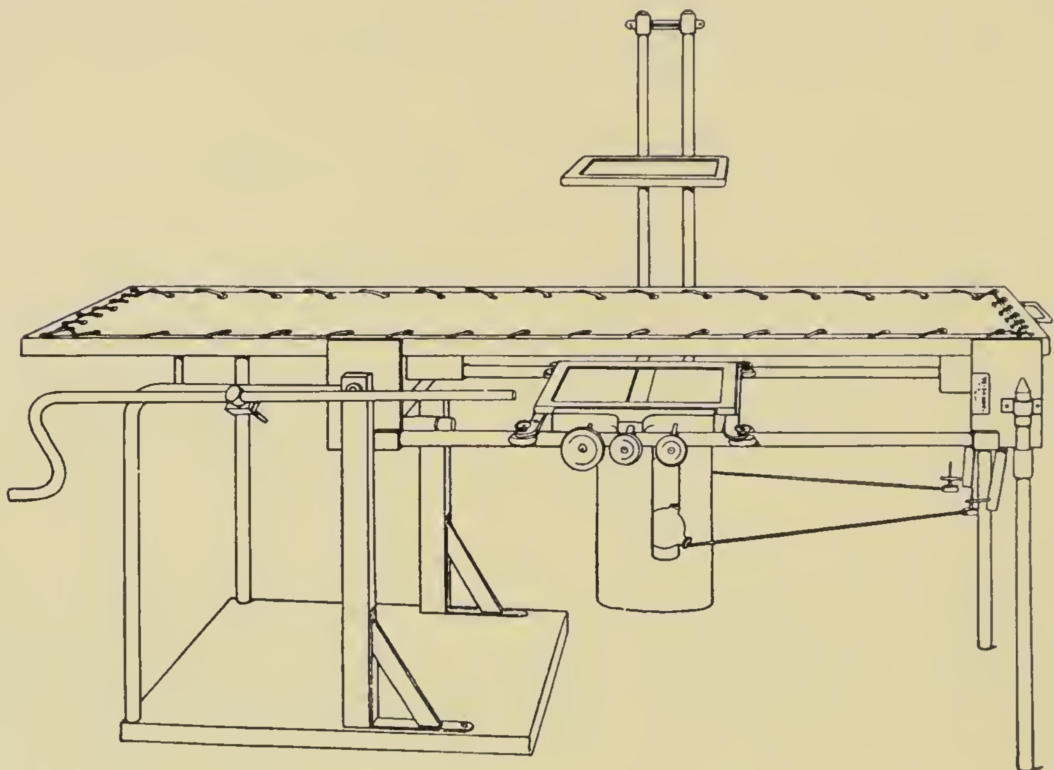
Methode dahin verändert, daß er zunächst eine Orthozeichnung anfertigt und danach bei unveränderter Lagerung des Patienten und bei gewöhnlicher Zimmerbeleuchtung die punktierten Herzgrenzen zur Röntgenographie auf die Platte exakt umfährt.

Ähnlich dem von Pasche und mir zu Präzisionsaufnahmen in die Technik eingeführten Schlitzblendenverfahren hat Albers-Schönberg sein Spaltblendenverfahren speziell für das Herzorthogramm eingeführt, um die immerhin nicht ganz fehlende Subjektivität bei der Methode Immelmanns vollkommen auszuschließen. Die Röntgenröhre befindet sich in einer Bleikiste, die Schiebeblende ist in der Senkrechten ganz offen, quer bis auf einen 5 mm breiten Spalt geschlossen. Vor der Bleikiste steht der eigens konstruierte Stuhl, der auf einem Sitzbrett den Patienten gut fixiert trägt; das Sitzbrett mit Patienten läßt sich nach rechts und links mittels einer Spindel leicht und schnell verschieben. Vor der Brust des Patienten ist eine mit Film und doppeltem Verstärkungsschirm armierte Kassette an dem verschiebbaren Sitzbrett befestigt. Patient und Kassette werden nach Einschaltung der Röhre an dem senkrechten Schlitz vorbeigezogen. Das entstehende Röntgen-

bild des Herzens zeigt in den wichtigen Quermaßen eine absolute Übereinstimmung mit der Orthozeichnung nach Moritz.

Haenisch erreicht das gleiche Orthogramm in Rückenlage des Patienten auf seinem Trochoskop[1]), welches ähnlich dem von Holzknecht und Robinsohn gebaut ist und einen vervollkommneten Aufnahmetisch darstellt, bei welchem die Röhre allseitig leicht beweglich in einer Bleikiste unter der Tischplatte postiert ist. Außerdem gestattet das Trochoskop Haenisch durch eine eigenartige Doppelkonstruktion der Tischplatte nach allen Richtungen, selbst kreisende Bewegungen derselben mit dem aufliegenden Patienten. Der Deckel der Röhrenkiste ist ebenfalls mit einer rechteckigen Schiebeblende versehen;

Fig. 134.



ein Bleiglasfenster mit Spiegel gestattet die Beobachtung der Röhre, die von außen reguliert werden kann. Die Mitte der Blendenöffnung befindet sich in der Lichtachse.

Ebenso wie das Trochoskop finden die von unseren großen Röntgenfirmen in außerordentlich stabiler Weise mit verschiedenen praktischen Modifikationen hergestellten Orthographen nach Moritz eine vielseitige Verwendung. Und es ist in der Tat für diejenigen Ärzte, welche die Röntgentätigkeit nicht specialiter ausüben, von Bedeutung, ein recht brauchbares Universalgerät im Interesse der Platzersparnis zur Verfügung zu haben. Von diesem Gesichtspunkte aus hat Julius Hofmann seinen Röntgentisch und Dessauer sein Klinoskop[2]) genanntes

[1]) Lieferant: R. Seifert & Co., Hamburg 13.

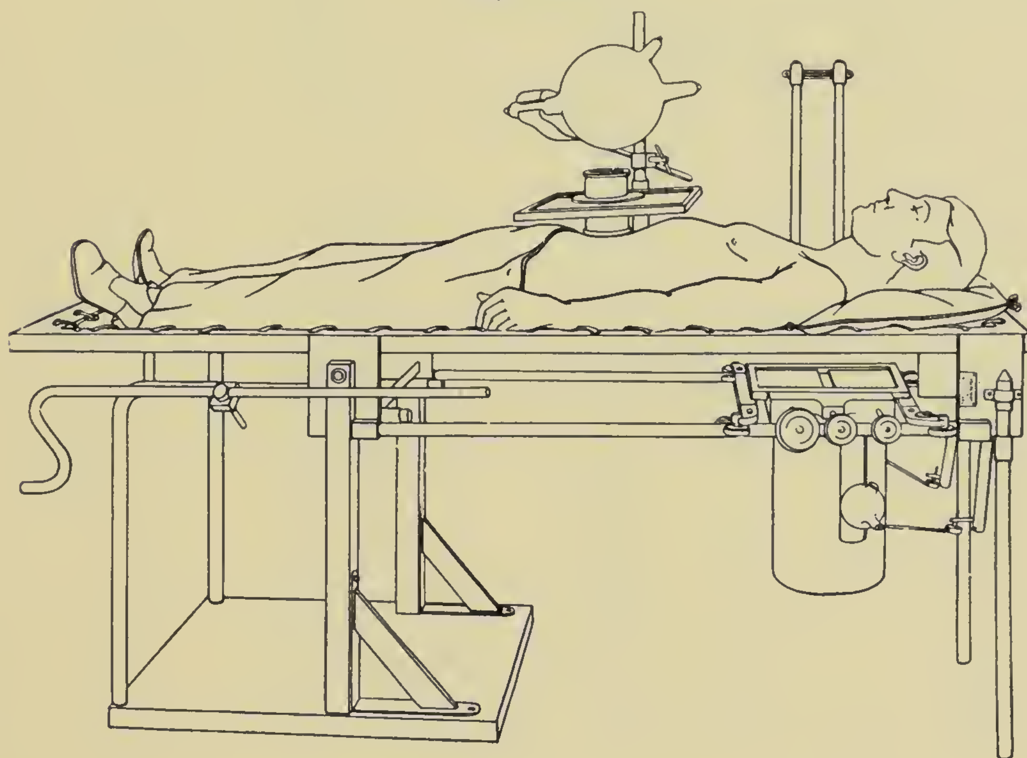
[2]) Lieferant: Veifa-Werke, Aschaffenburg.

Untersuchungsgerät gebaut, dessen sorgsame Konstruktion auf der Forderung folgender Eigenschaften basiert.

a) Für das Aufnahmeverfahren: ein stabiler Aufnahmetisch, geeignet zur Anbringung der Röntgenröhre, der Irisblende, der Kompressionsblende, brauchbar zur Aufnahme im Stehen und Liegen von vorn nach hinten, wie auch von hinten nach vorn.

b) Für das Durchleuchtungsverfahren: schärfste Abblendung mit Schlitzblende oder Irisblende. Automatische und gleichzeitige Bewegung von Röntgenröhre, Blende und Durchleuchtungsschirm, die immer zentriert bleiben müssen. Der Leuchtschirm muß bei allen Durchleuchtungen automatisch da stehen bleiben, wo man ihn hingestellt, ohne daß man ihn

Fig. 135.



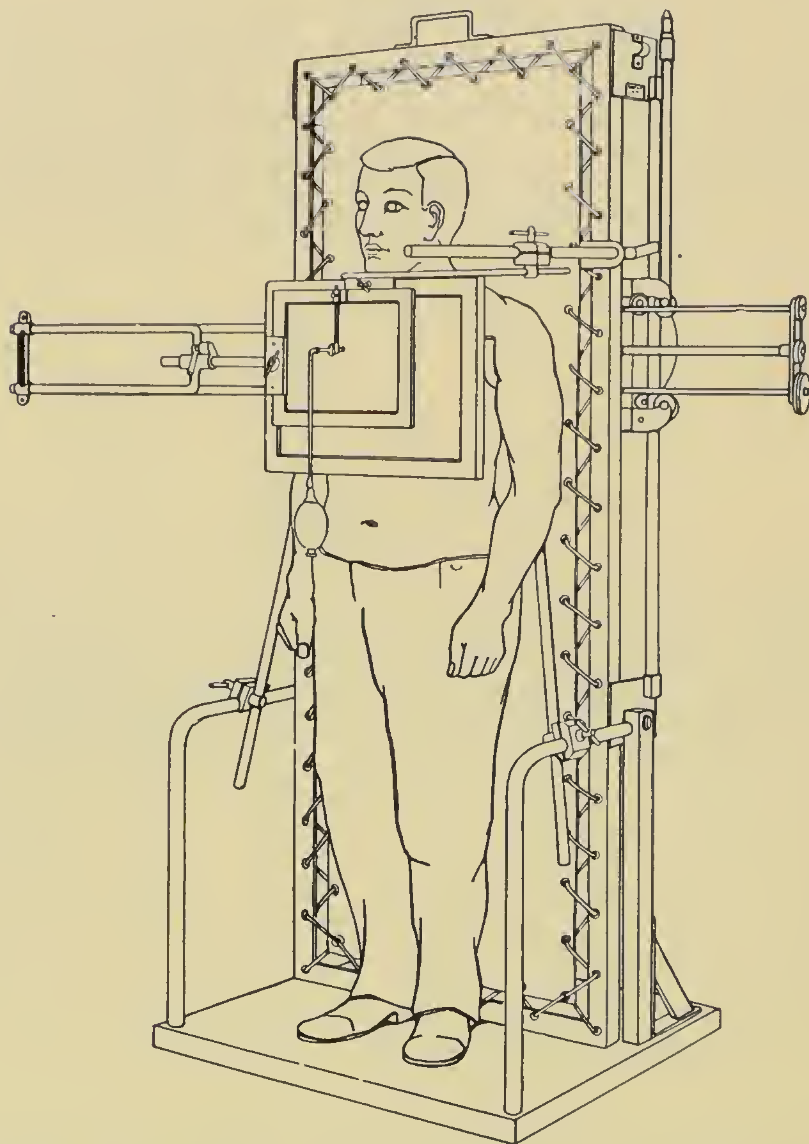
jedesmal eigens festspannt. Die koordinierte Bewegung von Leuchtschirm und Röhre muß spielend leicht gehen. Patient und Arzt müssen gegen die schädigende Einwirkung der X-Strahlen geschützt sein. Die Stellungen vom Patienten und vom Arzt sollen bequem sein. Gute Fixation des Objektes muß leicht erreichbar sein.

Schrägdurchleuchtung muß in stehender und liegender Stellung möglich sein. Zum Schrägdurchleuchten von einzelnen Stellen im Lungengebiete muß während des Betriebes eine leichte Verschiebung der Röhre möglich sein.

c) Für die Orthoröntgenographie: im Stehen, Liegen und Sitzen. Leichte Beweglichkeit und Freiheit beider Hände, dadurch daß die Punktiervorrichtung stets genau da stehen bleibt, wo man sie hingebracht, auch wenn man beide Hände von ihr wegläßt.

Die schematisch gehaltenen Figuren zeigen beispielsweise drei Verwendungsmöglichkeiten des Klinoskops Dessauer, und zwar die Fig. 134 in der Einstellung zur Aufnahme von unten nach oben; die Fig. 135 demonstriert die Kompressionsaufnahme von oben nach

Fig. 136.



unten und die Fig. 136 das Durchleuchten und Orthoröntgenographieren im Stehen.

Das Klinoskop und seine Nachbildungen haben viele Freunde gefunden, die es nach mir gewordenen Mitteilungen bei ihren vielseitigen Arbeiten nicht wieder missen möchten.

Teleröntgenographie.

Wir wissen, daß durch die Zentralprojektion der Röntgenröhre im allgemeinen von Körpern vergrößerte Bilder nach mathematischen Gesetzen entstehen müssen; während nur die Parallelprojektion, welche wir nach Moritz sukzessive vornehmen, die wahre Größe eines bestimmten Körperdurchschnittes zeigt. Der Fehler unserer Zentralpro-

jektion wächst mit der Annäherung der Lichtquelle an Objekt und Platte und mit der relativen Entfernung des Objektes von der Platte; der Fehler nimmt umgekehrt ab, wenn der Abstand zwischen Fokus und Objekt + Platte vergrößert wird, und wenn der größte Querschnitt des Objektes möglichst nahe der Platte liegt. Diese Gesetze waren uns allen schon in der Urröntgenzeit geläufig, so daß wir schon frühzeitig die Fokusdistanz recht groß nahmen, wenn es darauf ankam, Röntgenbilder mit möglichst geringer Verzeichnung zu erhalten. Alban Köhler gebührt aber das Verdienst, die Fernaufnahme methodisch ausgebildet zu haben, Albers-Schönberg hat eine besondere Apparattechnik hierfür geschaffen, und Groedel hat als erster durch kurze Expositionszeiten die Methode wesentlich gefördert.

Allgemein wird heute ein Abstand von 2 m zwischen Fokus und Platte für Fernaufnahmen als groß genug angesehen, um die trotzdem entstehenden Verzeichnungen als irrelevant zu vernachlässigen.

Die Domäne der Köhlerschen Fernaufnahmen ist und bleibt das Herz; Grashey empfiehlt sie für die Chirurgie auch da, wo die perspektivische Verzeichnung stört, also bei Übersichtsaufnahmen der Wirbelsäule oder einer deformierten Extremität, besonders bei seitlichen Wirbelaufnahmen, überhaupt überall, wo Messungen in Frage kommen.

Eine mittelharte Röhre und eine große primäre Belastung sind geboten; die Verwendung von ein oder zwei Verstärkungsschirmen ist zwecks Abkürzung der Expositionszeit besonders empfehlenswert.

Die Einstellung muß, um zu stetigen Vergleichsresultaten z. B. beim Herzen zu kommen, immer sehr sorgsam erfolgen. Albers-Schönberg empfiehlt ein für allemal die Einstellung des 6. Brustwirbels in die Lichtachse, während der Brustkorb frontal parallel zur Platte steht. Albers-Schönberg hat in seiner Röntgentechnik seine präzisen Apparate für Horizontal- und Vertikalfernaufnahmen eingehend beschrieben, während sich wohl die meisten Forscher bei der Teleröntgenographie ohne besondere Einstellvorrichtungen behelfen. Sehr einfach und praktisch ist der von Köhler konstruierte Teleröntgenograph[1]).

Köhler hat genau berechnet, wie groß für die Herzfernaufnahmen bei verschiedenen Herzgrößen und bei verschiedenem Abstand der Herzspitze von der Platte der entsprechende Größenfehler ist. Die Tabelle auf der nächsten Seite gibt Aufschluß für eine Fokusdistanz von 2 m.

Wir sehen also, daß bei 2 m Fokaldistanz, 4 cm Abstand der Herzspitze von der Brusthaut und 7 cm von der mittleren Sagittalebene des Körpers die Schattenvergrößerung 1,4 mm beträgt. Ein anderer Fall: Bei 6 cm Abstand der Herzspitze von der Brustoberfläche und 9 cm von der mittleren Sagittalebene erhält man bei 2 m Fokusdistanz eine Ver-

---

[1]) Lieferant: Philipp Berghäuser, Wiesbaden, Wellritzstr. 32.

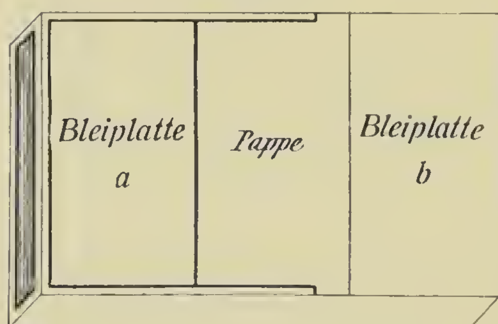
größerung von 2,7 mm. Es resultieren also derart minimale Vergrößerungen, daß sie selbst für sorgsame Messungen vernachlässigt werden können.

Entfernung der Herzspitze von der mittleren Sagittalebene des Körpers	Entfernung der Herzspitze von der photographischen Platte				
	4 cm	5 cm	6 cm	7 cm	8 cm
7 cm	1,4 mm	1,7 mm	2,1 mm	2,5 mm	2,9 mm
8 „	1,6 „	2,0 „	2,4 „	2,9 „	3,3 „
9 „	1,8 „	2,3 „	2,7 „	3,2 „	3,7 „
10 „	2,0 „	2,5 „	3,0 „	3,6 „	4,1 „
11 „	2,2 „	2,8 „	3,4 „	3,9 „	4,5 „

Stereoskopaufnahmen.

Die Stereoskopaufnahmen mit Röntgenstrahlen sind so alt als die Röntgenographie selbst. Bereits 1896 hat Prof. Mach stereoskopische Röntgenbilder von dünnen Objekten und Injektionspräparaten hergestellt. Aber Levy-Dorn gebührt unstreitbar das Verdienst, das Stereoskopverfahren in die Röntgentechnik als Methode eingeführt zu haben. Auf dem Chirurgenkongreß 1897 hat er seine ersten diesbezüglichen Mitteilungen gemacht und seine vorzüglichen Bilder demonstriert. Er hatte seine Röntgenstereoskopbilder verfertigt, um die Lagebestimmung der Fremdkörper zu erleichtern und überhaupt die Ausdehnung von Objekten in allen Dimensionen mit einem Blick zur Anschauung zu bringen. Hierzu nahm Levy-Dorn nacheinander zwei Bilder von demselben Objekt auf, während seine Lage unverändert blieb. Die Röntgenröhre wurde so gestellt, daß der Antikathodenspiegel einmal etwas mehr rechts, das andere Mal etwas mehr links über der Mitte des Objektes stand; die Verschiebung der Röhre soll der mittleren Entfernung der menschlichen Augen entsprechen, also etwa 6,5 cm betragen und senkrecht zur Längsrichtung des aufzunehmenden Körperteils stattfinden.

Fig. 137.



Die Schwierigkeit, die Platte zu wechseln, ohne die Lage des Objektes im geringsten zu verändern, hat Hildebrand durch die Konstruktion des folgenden Apparates überwunden.

Derselbe besteht aus einem großen hölzernen Futteral, Fig. 137, in welchem eine Kassette leicht zu verschieben ist. Nach oben ist das Futteral mit ganz dünner Pappe verschlossen, welche jedoch nur in der Mitte 25 cm breit frei liegt. Zu beiden Seiten ist dieselbe je 25 cm breit mit dicken Bleiplatten bedeckt, welche die Röntgenstrahlen ganz absorbieren. Wird

eine mit einer Platte 40:50 cm armierte Kassette ganz in das Futteral hineingeschoben, so verschwindet die hintere Hälfte der Platte unter der Bleiplatte b. Man legt nun den zu untersuchenden Gegenstand auf die Mitte, auf den nur mit Pappe gedeckten Teil, unter welchem sich die vordere Hälfte der Platte befindet. Die Röhre wird bei 50 cm Fokusdistanz so eingestellt, daß die Antikathode senkrecht über einem Punkt steht, der $3^1/_2$ cm links von dem Mittelpunkt des pappegedeckten Plattenteils liegt. Nun wird die erste Aufnahme gemacht. Nach Beendigung derselben verschiebe ich die Röntgenröhre in der Richtung der Längsseite der Kassette um 7 cm nach rechts und ziehe gleichzeitig die Kassette um 25 cm in dem Futteral nach vorn, so daß also nunmehr der eben belichtete Teil der Platte unter das Bleiblech a zu liegen kommt, dagegen die unbelichtete Hälfte der Platte unter den Pappausschnitt. Man macht nun die zweite Aufnahme, ohne daß der Gegenstand irgendwie verschoben worden ist, und erhält beide Bilder auf einer Platte. Dadurch, daß die Bleiplatte a verschieblich ist, kann der Pappausschnitt beliebig verkleinert und jede Plattengröße benutzt werden. Schließlich wird von der erhaltenen Platte eine Verkleinerung auf eine Bildweite von 7 cm hergestellt, damit sie für die gewöhnlichen Stereoskope paßt.

Das Hildebrandsche Verfahren hat nur den einen Nachteil, daß die beiden nacheinander aufgenommenen Röntgenbilder auf einer photographischen Platte fixiert sind. Dies ist bei der Entwicklung unangenehm, falls das Röntgenlicht bei der ersten Aufnahme ein anderes war als bei der zweiten.

Diese Schwierigkeit umgeht man, wenn man in das Hildebrandsche oder in ein einfaches, nur für eine Platte gebautes Futteral für jede Aufnahme eine besondere Platte einschiebt und so die beiden Bilder unter der richtigen Verschiebung der Röntgenröhre nacheinander herstellt. Man kann darauf den Unterschied in der Belichtung durch die sorgsame Entwicklung zum Ausgleich bringen. Ich habe mehrere solche Futterale im Gebrauch; dieselben sind sehr empfehlenswert. Sie bestehen aus Pappelholz. Das Lumen beträgt 6 mm, die eine Wand ist 5 mm, die andere 7 mm stark. Die Platten werden in doppeltschwarzem Papier eingeschoben und mittels eines Bindenzügels wieder entfernt. Ein schwerer Patient kommt auf die 7-mm-Seite zu liegen, leichte Objekte auf die 5-mm-Seite.

Albers-Schönberg stellt mit seiner Kompressionsblende, und zwar mit einem besonders postierten, 13 cm weiten Rohr, stereoskopische Strukturbilder der Knochen und Gelenke her; das Rohr macht bei den zwei Aufnahmen eine Drehbewegung und außerdem eine Verschiebung in der Richtung der Drehung (vgl. S. 180).

Es ist nun ohne weiteres klar, daß die Zeitdauer der Belichtung und des Plattenwechsels ohne Bedeutung ist, wenn der aufzunehmende Körper-

teil absolut unbeweglich fixiert werden kann und keine Eigenbewegungen macht. Dagegen müssen die beiden Aufnahmen und der Plattenwechsel in kürzester Zeit bewerkstelligt werden, wenn in dauernder Bewegung begriffene Organe, wie z. B. der Magen, stereoröntgenographiert werden sollen.

Die Technik dieser Momentstereogramme ist besonders von Dessauer, Groedel, Haenisch, Hegener, Lorey und Rosenthal[1]) in vollendeter Weise gefördert worden. Um die Schwierigkeiten recht zu begreifen, mache man sich nur klar, was hier automatisch in Sekundenteilen geleistet werden muß. Nachdem der Patient, die Kassetten und die Röhre richtig placiert sind, werden durch einen einzigen Schalterschluß folgende Vorgänge automatisch elektrisch ausgelöst: Ein- und Ausschalten der Röhre für die erste Aufnahme; Wechsel der Platten, Umstellung der Röhre; Ein- und Ausschalten der Röhre für die zweite Aufnahme. — Und diese komplizierten Bewegungen sollen vor sich gehen ohne Vibration und mit sicherster Exaktheit.

Die beiden entwickelten und getrockneten Platten werden nebeneinander gestellt, und zwar das bei Linksstand der Röhre aufgenommene links, das andere rechts, d. h. die Platten werden nicht, wie bei den photographischen Stereoskopaufnahmen, zum Zwecke der richtigen Perspektive und Plastik vertauscht. Steht nämlich die linke Platte rechts und umgekehrt, so erhält man den Eindruck, als sähe man in den betreffenden Körperteil von der Rückseite hinein, also von der Seite, mit der der Körperteil der Platte auflag.

Lasse ich dagegen die Bilder resp. Platten unvertauscht, so blicke ich in den Körperteil hinein von der Röhrenseite aus. Wir müssen uns diesen Unterschied wohl gegenwärtig halten besonders für den Fall, daß wir die Stereoskopbilder mit Röntgenaufnahmen- oder Durchleuchtungsbildern vergleichen.

Zwei Wege gibt es, um uns die Röntgenaufnahmen stereoskopisch zugänglich zu machen. Entweder brauchen wir ein Stereoskop so groß, daß die Platten direkt besichtigt werden können, oder wir müssen die großen Platten so weit verkleinern, daß sie für die üblichen Stereoskope passend werden.

Der erste Weg ist der einfachere, aber auch kostspieligere. Walter hat den Bau solcher Stereoskope für große Bilder gelehrt. Dieselben werden als Spiegelstereoskope, als Prismenstereoskope und als Linsenstereoskope gebraucht[2]).

Bei dem Linsenstereoskop handelt es sich eigentlich um

---

[1]) Am bekanntesten sind die Stereoröntgen-Vorrichtungen der Fabriken von Reiniger, Gebbert & Schall, von Seifert & Co., der Polyphos-Gesellschaft und der Veifa-Werke.

[2]) Lieferant: A. Krüß, Inhaber Dr. Hugo Krüß, Hamburg, Adolfsbrücke 7.

einen photographischen Apparat (also eine richtige Kamera mit einem sehr lichtstarken Objektiv), mit dahinter montiertem Stereoskop.

Lossen-Frankfurt a. M. hat ein außerordentlich einfaches Brillenstereoskop[1]) anfertigen lassen; dasselbe ist mit denselben Prismen wie das Waltersche armiert. Man stellt sich mit demselben im Röntgenzimmer vor die Plattenschau, in der die beiden Platten nebeneinander eingestellt sind, in die richtige Entfernung, und hat so den gewünschten stereoskopischen Effekt.

Als vornehmste Apparate zur Besichtigung der großen Originalröntgenstereogramme bezeichnet Eijkman-Scheveningen die Spiegelstereoskope, weil nur sie eine wirklich genaue mathematische Rekonstruktion ermöglichen. Ebenso wie Lambertz und Drüner empfiehlt er solche, welche entsprechend dem Helmholtzschen Telestereoskop konstruiert sind. Haenisch empfiehlt das Wheatstonesche Spiegelstereoskop, welches nach seiner Angabe von Seifert & Co. hergestellt wird, Rosenthal den Zeißschen Stereoplanigraph nach Dr. Pulfrich. Bekannt ist ferner die sehr handliche Konstruktion des Telestereoskops nach Wenckebach.

Sind wir nicht im Besitz eines dieser beschriebenen Stereoskope, so müssen wir aus den großen Platten und Bildern kleinere machen, und damit kommen wir zum Schluß ganz im allgemeinen zu der

Anfertigung von Verkleinerungen und Diapositiven.

Um von einer großen Platte eine Verkleinerung herzustellen, bringen wir dieselbe in unserem Röntgenzimmer in die S. 188 beschriebene Plattenschau. Der photographische Apparat wird derart aufgestellt, daß die Mattscheibe in einer zur Röntgenplatte parallelen Ebene steht und daß das Objektiv sich der Mitte der Röntgenplatte gegenüber befindet. Die Entfernung zwischen Röntgenplatte und photographischem Apparat wird so genommen, daß auf der Mattscheibe der gewünschte Grad der Verkleinerung resultiert.

Da diese Verkleinerungen meist für den Projektionsapparat hergestellt werden, ist auf größte Klarheit der Platten Wert zu legen. Deshalb verwendet man Chlorsilbergelatineplatten, oder noch besser die empfindlicheren und leichter zu behandelnden Chlorbromsilberplatten. Die Plattengröße soll stets $8^1/_2 \times 10$ oder 9×10 cm sein. Zur Herstellung dieser Diapositive sind gute allgemein photographische Kenntnisse absolut notwendig. Die Beleuchtung der Röntgenplatte, also die Helligkeit überhaupt, ferner die Dichte derselben sind für die Wahl der Blende und der Expositionszeit maßgebend. Durch große Übung wird man es so er-

[1]) Lieferant: A. Krüß, Inhaber Dr. Hugo Krüß, Hamburg, Adolfsbrücke 7.

reichen, von einer guten Röntgenplatte ein brauchbares Diapositiv herzustellen, in dem die hellen Stellen vollkommen klar bleiben, während die dunklen Teile hinreichend gedeckt, aber dabei gut transparent erscheinen müssen. Eine ganz exakte scharfe Einstellung der Feinheiten der Röntgenplatte auf der Mattscheibe ist natürlich die Voraussetzung für ein gutes Diapositiv. (Zwecks Verkleinerung einer dichten Platte exponiere ich bei mittlerer Blende und hellstem Licht 5—8 Minuten.)

Das Diapositiv wird danach in der üblichen Weise entwickelt, fixiert, gewaschen und getrocknet.

Es ist bekannt, daß die richtig hergestellten Diapositive von guten Röntgenplatten außerordentlich kontrastreich sind.

Haben wir indessen eine nur wenig kontrastreiche, flaue Röntgenplatte zu verkleinern, so können wir das erhaltene Diapositiv in der bekannten Weise verstärken und von dieser konstrastreicheren Platte ein neues Diapositiv herstellen. Das geschieht in der Weise, daß wir im Dunkelzimmer auf die Schichtseite des absolut trockenen Diapositiv seine Chlorbromsilberplatte gleichen Formats mit der Schichtseite auflegen, die beiden Platten fest aneinander klemmen und nun von der Glasseite des fertigen Diapositivs her belichten, entweder mit einer Gasflamme oder mit einem darüber entzündeten schwedischen Streichholz. Durch Wiederholen dieses Prozesses läßt sich jeder gewünschte Grad des Kontrastes erreichen.

Um die Verkleinerung der Stereoskopröntgenplatten auszuführen, verfahren wir ganz in der gleichen Weise. Wir nehmen dazu die Plattengröße 13 × 18 und stellen das Bild auf der Mattscheibe jedesmal so ein, daß die auf den beiden nebeneinander liegenden Bildern sich entsprechenden wichtigsten Punkte eine Entfernung von 6,5 cm aufweisen.

Sehr richtig verlangt deshalb Lambertz, „daß demgemäß die Originalplatten so aufgestellt sein müssen, daß auf ihnen die Entfernung der bezeichneten Punkte so vielmal 6,5 cm beträgt, wie die Originalbilder breiter sind als 6,5 cm, ein Betrag, der mit der Plattenbreite übereinstimmt. Ist bei den Aufnahmen kein Versehen vorgekommen, so wird die bezeichnete Entfernung vorhanden sein, wenn die Platten dicht nebeneinander stehen, so daß sie sich berühren. Erhielten aber bei der Wechselkassette beide Platten keine vollkommen übereinstimmende Lage, so kann es vorkommen, daß man sie nachträglich beschneiden muß, um die erforderliche Annäherung zu ermöglichen“.

Diese Stereoskopdiapositive werden am besten direkt im Stereoskop betrachtet; sie sind im durchfallenden Lichte von einer außerordentlichen Plastik. Oder es werden von den Diapositiven in der bekannten Weise Kopien hergestellt[1]).

---

[1]) Eine vorzügliche Sammlung von stereoskopischen Röntgenbildern ist im Verlag von J. F. Bergmann-Wiesbaden erschienen; herausgegeben von Hildebrand, Scholz und Wieting.

Für das Betrachten der stereoskopischen Bilder sind die einfachen amerikanischen Stereoskope mit verschiebbarem Bildhalter am zweckmäßigsten. Um eine gute Übersicht über das ganze Bild zu haben, muß die Mitte der Prismen etwa in gleicher Höhe mit der Bildmitte liegen, wie es an den für den Neißerschen stereoskopischen Atlas gebräuchlichen Stereoskopen der Fall ist. Refraktionsanomalien sind zu korrigieren.

Schließlich wollen wir noch kurz erwähnen, daß von Boas, von Mackenzie Davidsohn, von Reiniger, Gebbert & Schall und von Dessauer Verfahren und Apparate zur Erzeugung und Betrachtung stereoskopischer Bilder auf dem Leuchtschirm bekannt gegeben worden sind.

Der Vorgang bei diesen Einrichtungen ist folgender: Zwei Röntgenröhren werden durch eine besondere Umschaltungsvorrichtung abwechselnd rasch hintereinander zum Aufleuchten gebracht, und es entstehen demgemäß auf dem Fluoreszenzschirm zwei differierende Zentralprojektionsbilder des hinter dem Leuchtschirm befindlichen Körperteils. Um diese beiden Bilder zu einem körperlich-plastischen zu vereinigen, bedient man sich eines Stroboskopes. Dieser Apparat besitzt zwei in Augenweite voneinander entfernte Sehlöcher, vor denen eine Scheibe mit zwei um 180° versetzten Ausschnitten synchron mit dem Aufleuchten der beiden Röhren rotiert, so daß, wenn die linke Röhre aufleuchtet, das Gesichtsfeld des rechten Auges, und umgekehrt, wenn die rechte Röhre leuchtet, das Gesichtsfeld des linken Auges frei ist. An Stelle zweier Röhren, welche trotz gleicher Type fast nie gleiches Vakuum besitzen, wird besser eine Röhre mit zwei Antikathoden, eine sogenannte Stereoröhre, benutzt.

Die Platten und ihre Behandlung.

Wir haben schon im Kapitel über die Abkürzung der Expositionszeiten ausgeführt, daß die Bemühungen, eine für Röntgenstrahlen wesentlich empfindlichere Trockenplatte herzustellen, bisher mißglückt sind. Die sogenannten Röntgenplatten entsprechen meistens bezüglich ihrer Güte durchaus den guten gewöhnlichen Trockenplatten für Lichtaufnahmen.

Die Platten, welche man entweder von der Fabrik selbst oder von einem am Platze befindlichen Geschäft photographischer Artikel bezieht, liegen gewöhnlich je 6 oder je 12 in einem Pappkasten, der äußerlich fest verklebt ist. Der Deckel trägt ein Schild mit Angaben über die Größe und Anzahl der Platten.

Während gewöhnlich 6 übereinanderliegende Platten, die nur durch zwischengeschobene Papierstreifen vor direkter Berührung geschützt sind, im Kasteninnern zu einem Paket in lichtdichtem schwarzem Papier vereinigt sind, kann man die Platten auch so beziehen, daß im Kasteninnern jede Platte einzeln in schwarzes Papier zweimal eingewickelt ist;

die Schichtseite ist bei dieser sogenannten Einzelpackung mit einem farblosen Wachspapier bedeckt und äußerlich kenntlich gemacht. Wir selbst verwendeten früher Schleußner-Platten in der gewöhnlichen Kastenpackung und in Einzelpackung mit den besten Resultaten. In letzter Zeit haben wir auch die Platten von Heinz Bauer und die sehr preiswerten Chielurplatten[1]) zu unserer größten Zufriedenheit benutzt.

Ist die Packung auch im allgemeinen in den Kästen und ihren Umschlägen sicher vor hellem Tageslicht, so soll man sie trotzdem an einem dunklen, trockenen, nicht zu warmen, aber auch nicht zu kalten Orte aufbewahren. Besonders sorgsam müssen ungebrauchte Platten vor den Röntgenstrahlen selbst geschützt werden. Man darf dieselben unter keinen Umständen in demselben Zimmer, in welchem sich die Röntgeneinrichtung befindet, aufbewahren, auch nicht in einem mit Metall ausgekleideten Schrank.

Haben wir also eine Kiste mit Platten erhalten, so stellen wir dieselbe an einen dunklen, trockenen Platz und nehmen aus derselben die Schachteln einzeln nach Bedarf, um sie in der Dunkelkammer, resp. in einem dort aufgestellten Schrank für den täglichen Gebrauch bereit zu haben.

Für alle Platten gilt die Weisung, dieselben immer frisch zu beziehen und schnell zu verbrauchen. Hat man eine Platte der gewöhnlichen Packung entnommen, so darf die nächstfolgende zurückbleibende nicht mit dem Einschlag- oder Packpapier in Berührung liegen gelassen werden, vielmehr lege man sie so, daß jedesmal die Glasseite nach außen gegen das Packpapier zu liegen kommt; andernfalls wird die Emulsionsschicht durch die Einwirkung des Packpapiers chemisch beeinflußt und schleiert bei der Entwicklung.

Besonders die Platten in Einzelpackung sollen nie älter als 2 Monate werden.

Dunkelkammer.

In den meisten Fällen wird für die Dunkelkammer nur ein kleiner Raum zur Verfügung stehen; um so notwendiger ist es, daß dieselbe luftig, trocken, heizbar und vor allem dem Platze entsprechend recht praktisch eingerichtet ist.

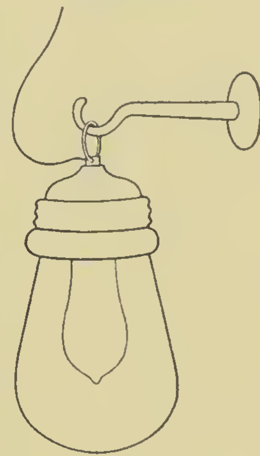
Ist ein größeres Fenster vorhanden, so läßt man dasselbe am einfachsten durch einen großen, aus altem trockenen Holze verfertigten Rahmen mit ganz lichtdichter Holzverkleidung von innen schließen. Alle (auch an den Türen) bleibenden Spalte müssen mit Leisten und Filz vollkommen gedichtet werden. In dem Rahmen bleibt eine viereckige Öffnung etwa von der Größe 60:30 cm frei. Der ganze Rahmen muß von dem dahinter gelegenen Fenster so weit entfernt bleiben, daß man

[1]) Lieferant: Chiclur, G. m. b. H., Dresden-A. 3, Moltkeplatz 9.

hinter ihm durch die Öffnung hindurch das Fenster zum Lüften gut und bequem öffnen kann. Die Öffnung selbst wird entweder durch eine kleine Holztür oder durch ein Fenster mit einer spektroskopisch geprüften Rubinglasscheibe lichtdicht geschlossen. Ein dunkler Vorhang dient zum weiteren sicheren Abschluß. Ist nur ein einteiliges Fenster vorhanden oder legt man selbst erst ein solches an, so gestaltet man dasselbe am besten als Doppelfenster. Das äußere trägt dann eine ausgesuchte Gelbscheibe, das innere eine Rubinglasscheibe. Diese ganze Fensterfrage muß von Fall zu Fall richtig gelöst werden. Ein guter Glaser oder Tischler wird damit bei der nötigen Anweisung stets fertig werden.

Große Sorgfalt ist auch auf den lichtdichten Verschluß der Dunkelkammertür zu legen. Es ist von Vorteil, wenn die Tür auf einen nicht zu hellen Korridor mündet und von innen mit einem dunklen Vorhang abgeschlossen wird. Wer Platz hat, schaffe sich vor der eigentlichen Dunkelkammertür einen zweiten etwa 1 m tiefen Vorraum mit Tür und einer roten Lampe; man kann dann ohne Gefahr für den Entwicklungsprozeß bequem ein- und ausgehen.

Fig. 138.



Zur Beleuchtung brauchen wir eine künstliche Lichtquelle. Am günstigsten ist natürlich das elektrische Glühlicht, das ja bei den meisten Röntgeneinrichtungen zur Verfügung steht. Sehr gut hat sich mir eine kräftige rote Rubinglashülse bewährt. Diese wird über eine Glühlampe, welche an einem einfachen Wandarm hängt, mittels einer geeigneten Fassung übergeschraubt (Fig. 138). Auch Stativlampen sind für diesen Zweck gebaut und käuflich.

Steht kein elektrisches Licht zur Verfügung, muß man eine gute Dunkelkammerlaterne für Petroleum mit rotem Zylinder verwenden. Auch für Gasbeleuchtung werden ähnliche Lampen hergestellt.

Das Dunkelzimmer ist in der Hauptsache ausgestattet mit

1. einem Plattenschrank,
2. Einrichtungen für den Entwicklungsprozeß,
3. einer Spülvorrichtung und den sonstigen für den photographischen Prozeß nötigen Utensilien.

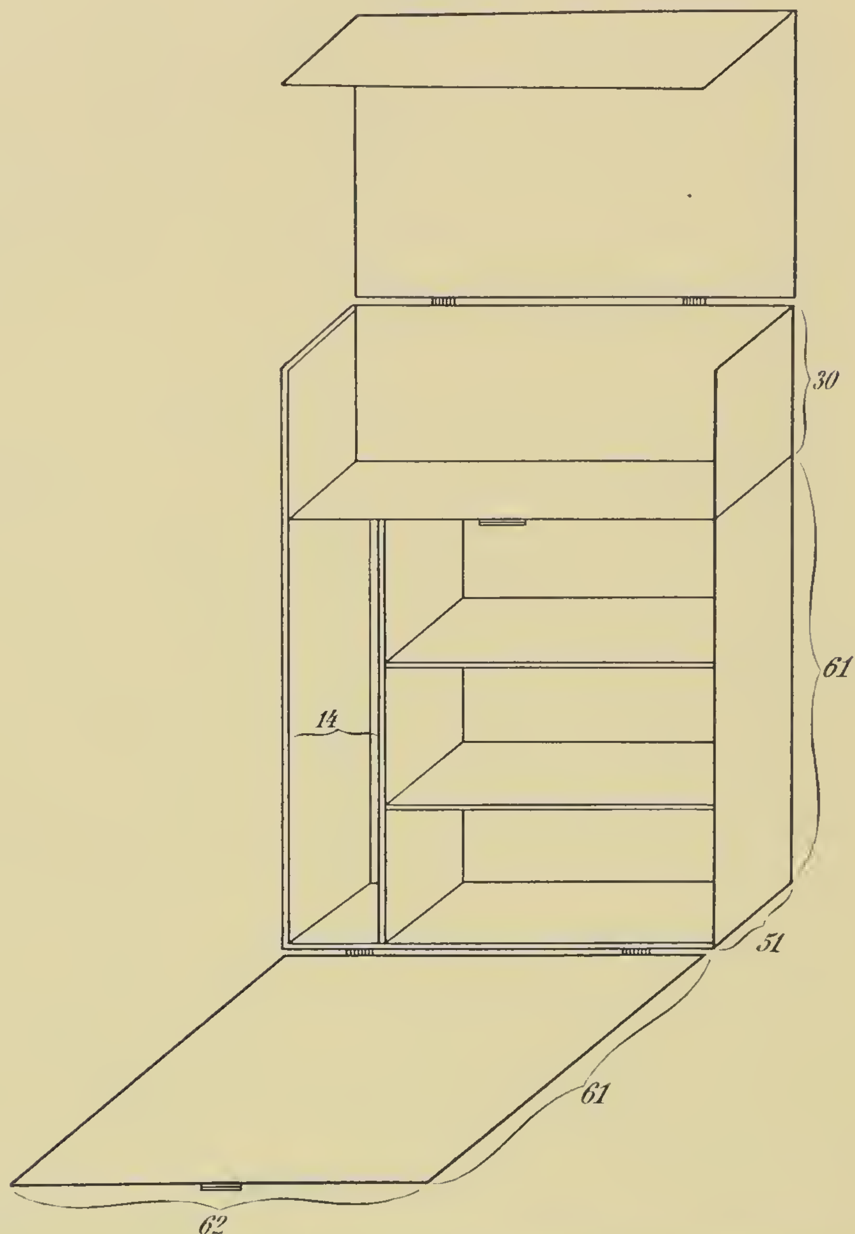
Der Plattenschrank, der recht praktisch und zweckmäßig in der von Appun angegebenen Weise oder ähnlich wie der umstehende gebaut ist, dient dazu, die geöffneten Plattenkästen aufzunehmen. Der Schrank ist aus Holz gearbeitet, seine innere Anordnung ist nach Fig. 139 ohne weiteres klar. Die Maße sind in Zentimetern angeschrieben und so genommen, daß die üblichen Plattengrößen und die Kassetten in demselben Platz finden. Die Tür der unteren Schrankabteilung klappt nach vorn auf und dient in wagrechter Lage als Tisch. Die obere Abteilung

dient zur Aufnahme der gefüllten Kassetten und der belichteten Platten; sein Deckel klappt nach oben.

Ist also ein Plattenkasten erst einmal zwecks Entnahme einer Platte geöffnet, so gehört er in diesen lichtdichten Schrank des Dunkelzimmers.

Sehr empfehlenswert ist es übrigens, sich für die Aufbewahrung und für das Einlegen der Platten einen zweiten Dunkelraum anzulegen. Man

Fig. 139.



läuft dann nie Gefahr, daß die frischen, ungebrauchten Platten durch die Feuchtigkeit oder die Chemikalien des eigentlichen Entwicklungsraumes verderben. Auch für das bequeme und sichere Aufheben der Verstärkungsschirme und für ihr sauberes Einlegen ist dieses Sonderzimmer von größtem Vorteil.

Von den Plattengrößen noch ein Wort. Zwecks Ersparnis ist es von großem Vorteil, wenn man so viel Plattengrößen wie möglich vorrätig hat, so daß man sie jederzeit recht genau dem zu röntgenographierenden Objekt anpassen kann. Hat man etwa nur 3—4 Plattengrößen, ist man

in vielen Fällen gezwungen, die Platten größer als nötig zu nehmen. Um sich schnell und trotzdem genügend gut über die notwendige Größe zu orientieren, hat man neben dem Augenmaß eine stets bereite Hilfe in der Spannweite seiner Hand. Weiß man erst einmal, daß man bequem etwa 23 cm übergreift, so ist man jederzeit schnell in der Lage, mit ein paar Handgriffen die notwendige Plattengröße festzustellen.

Da die Röntgenaufnahmen bei künstlicher Beleuchtung oder auch bei Tageslicht gemacht werden, so muß man die Platten in eine für Licht undurchlässige Umhüllung bringen. Man kann verschieden verfahren, nur muß man einige praktisch wichtige Punkte im Auge behalten und so je nach der Art der Aufnahme die Einhüllung vornehmen. Wir führen nur das an, was sich uns nachahmenswert erwiesen hat: ungeleimtes schwarzes Papier, lichtdichter schwarzer Futterstoff und Kassetten. Die letzteren nehmen wir im allgemeinen für die ganz großen Platten und für alle Aufnahmen, wo die Platte nur eingewickelt zu schwer belastet und damit zum Brechen neigen würde; ferner für die Aufnahmen mit Verstärkungsschirm. In doppeltes schwarzes Papier wickeln wir die Platten für Aufnahmen wenig schwerer Körperteile, also Fuß, Ellbogen, Knie usw.; in diesen Fällen kann man auch den schwarzen Stoff verwenden, der besonders praktisch ist bei etwas größeren Platten, da er sich bequemer als Papier umlegen läßt. Fragt man uns, warum wir denn bei der großen Bequemlichkeit der Kassetten nicht immer solche nehmen, so ist die Antwort: Der Deckel der heute üblichen Kassetten, der entweder aus schwarzem Karton besteht oder aus Seidenpapierpreßspan, repräsentiert immerhin eine größere Dicke als doppeltes schwarzes Papier, es kann also die Hand, der Ellbogen usw. durch den Kassettendeckel hindurch nicht so exakt der Schichtseite der Platte anliegen und infolgedessen das Bild nicht so vollkommen werden. Besonders tritt der Unterschied in der Schärfe hervor, wenn man die später zu besprechenden Knochenschnittbilder fertigt. Selbst Papier ist wegen seiner Steife nicht zu verwenden, da es sich oft der Platte nicht ganz exakt anlegt, ein Umstand, der bei Aufnahmen von Körperteilen gleichgültig ist, weil diese Papierunebenheiten durch die Schwere und den Druck ausgeglichen werden, der bei Knochenschnittaufnahmen aber sehr in die Wagschale fällt, weil die Knochen ganz leicht sind und das Papier der Platte nicht anzudrücken vermögen. Also je größere Feinheiten verlangt werden, um so dünner und schmiegsamer die Platteneinhüllung.

Die Kassetten werden recht brauchbar und sauber ausgeführt. Der Boden ist ganz eben und so kräftig, daß er auch bei schwerster Belastung völlige Sicherheit vor Zerbrechen der darauf liegenden Trockenplatten gewährt; er soll mit einer dünnen Bleilage bedeckt sein. Der Deckel schließt vollkommen lichtdicht ab, so daß man die Aufnahmen ganz unbeschadet bei Tageslicht machen kann. Schlägt man die Platten in

Papier oder Stoff ein, muß das Tageslicht möglichst gedämpft oder bei elektrischem Licht röntgenographiert werden. Von den Kassetten schafft man sich am besten eine von der Größe 24 : 30, eine zweite von der Größe 40 : 50 cm an. Für jede Kassette hat man dann noch den einzelnen Plattengrößen entsprechende Einlegerahmen, deren Größe auf dem Deckel angemerkt ist, so daß man wegen der Lagerung eines Körperteils nie in Verlegenheit kommt.

Wir raten übrigens, dem roten Dunkelzimmerlicht recht wenig zu trauen, da man sonst leicht verschleierte Platten bekommt. Das Einlegen der Platten sollte man möglichst in vollkommener Dunkelheit besorgen.

Wir wissen, daß die Platten mit der Schichtseite nach oben, nach der Röhre zu gebraucht werden. Legen wir also die Platten in die Kassetten, müssen wir uns jedesmal orientieren über die Seiten. Der Anfänger erkennt die Glasseite an dem kräftig spiegelnden Glanz bei rotem Licht, die Schichtseite an dem mattweißen Schleieraussehen. Man übe sich von Anfang an, den Unterschied der Seiten ins Gefühl zu bekommen; Probieren an einer Ecke mit angefeuchtetem Finger erleichtert anfänglich das Erkennen, so daß man die Schichtseite bald im Dunkeln herausfindet.

Das Einlegen des Verstärkungsschirmes besorgt man genau nach der S. 185 gegebenen Vorschrift.

Nachdem die Platte mit den Röntgenstrahlen belichtet ist, kommt sie eingewickelt oder in der Kassette ruhend in die obere aufklappbare Abteilung des Plattenschrankes bis zur Entwicklung; denn das durch die Einwirkung der Röntgenstrahlen entstandene Bild muß erst durch den sogenannten Entwicklungsprozeß sichtbar gemacht werden.

Entwicklung.

Die Röntgenbelichtung zersetzt bei Benutzung von Bromsilbergelatineplatten das Silberbromid in Silbersubbromid und freies Brom. Durch reduzierende Lösungen, wie die Entwicklungsbäder, werden die belichteten Bromsilberteilchen der Platte leichter und schneller in metallisches Silber umgewandelt als die unbelichteten.

Für das Entwickeln und Fixieren, für das Verstärken und Auswaschen der Platten benutzt man in der Regel viereckige flache Schalen, und zwar für alle chemischen Flüssigkeiten am richtigsten Glas- oder weiße Steingutschalen; für die Wässerung sind auch emaillierte Blechschalen zu empfehlen. Unbedingt sollen für die einzelnen Prozesse immer besondere Schalen verwandt werden. Wichtig ist, nicht zu flache Schalen zu nehmen, damit bei Bewegungen die Flüssigkeit nicht überläuft. Den Plattengrößen entsprechend nimmt man natürlich auch die Schalengrößen, damit nicht zu viel Entwickler gebraucht wird.

Die Entwicklung der belichteten Platten muß sehr sorgfältig aus-

geführt werden. Hierzu gießt man in eine zu ihrer Größe passende Schale reichlich Entwicklerflüssigkeit, z. B. für eine Platte 40: 50 cm mindestens 400—500 g.

Steht elektrisches Licht zur Verfügung, beginnt man den Entwicklungsprozeß gleichfalls im Dunkeln; muß man bei Gas oder Petroleumlicht arbeiten, schraubt man zuerst das Licht recht klein. Wir nehmen die Platte aus der Kassette oder ihrer Umhüllung, entfernen auch das bei Einzelpackung der Schichtseite aufliegende Wachspapier und legen sie mit der Schichtseite nach oben in die nach einer Seite schräg geneigte Schale. Dann wird durch schnelles Senken und Hin- und Herbewegen der Schale der Entwickler in einem Zuge über die ganze Platte verteilt.

Da bei den großen Platten die Gefahr nahe liegt, daß nicht die ganze Schichtseite gleichmäßig beim Einlegen in die Schale mit dem Entwickler bespült wird, ist anzuraten, die Platte vorher in ganz reines Wasser zu tauchen. Man sollte sich stets von der gleichmäßigen Bespülung mit Entwickler kurz durch den Augenschein überzeugen.

Von jetzt ab soll die Schale in einer fortgesetzten Schaukelbewegung erhalten werden, damit die ganze Schichtseite stets mit Entwickler bedeckt bleibt und damit der letztere allteilig gut ausgenutzt und immer wieder gemischt wird.

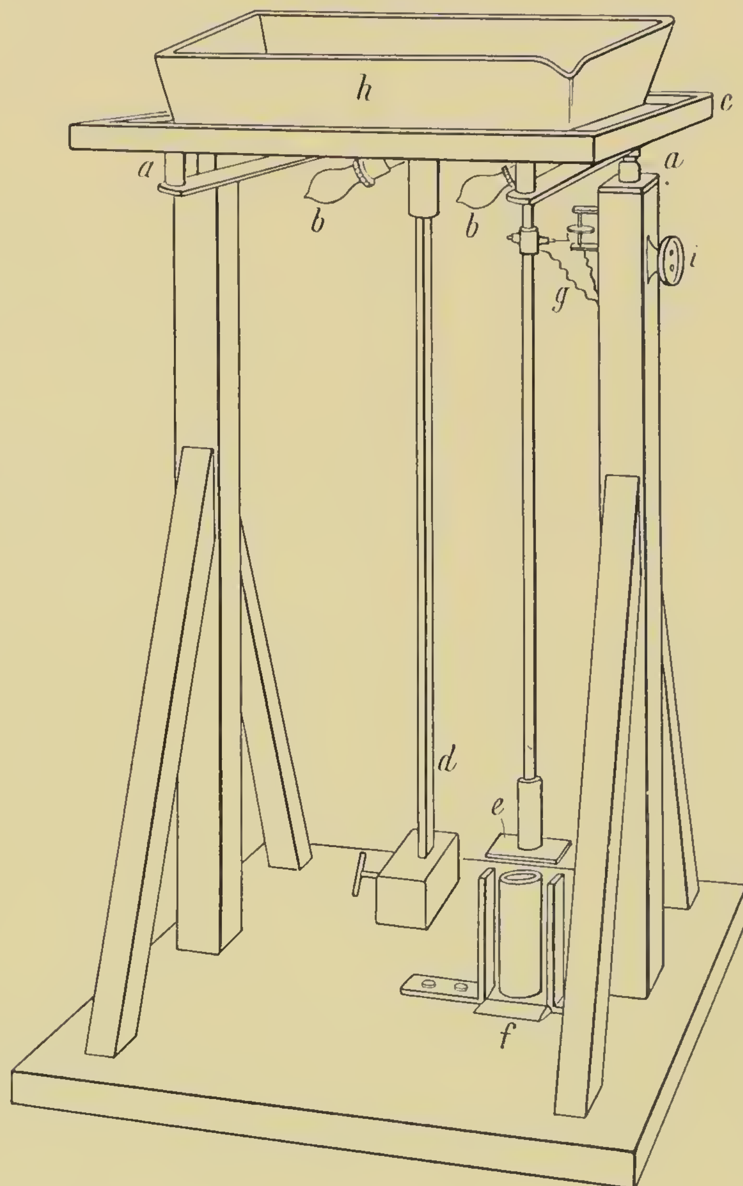
Diese Schaukelbewegung kann manuell ausgeführt werden; sie ist aber sehr zeitraubend und bei den großen Schalen sogar schwierig. Man hat deshalb leichtbewegliche Entwicklungsvorrichtungen ersonnen. A p p u n hat zuerst eine sehr empfehlenswerte Pendelvorrichtung derart konstruiert, daß sich auf dem Entwicklungstisch ein durch zwei Spitzen in der Mittellinie unterstütztes, genau wagrechtes, 30 × 50 cm großes Brett befindet. In der Mitte desselben ist ein langes Pendel befestigt, das durch einen Ausschnitt des Tisches durchtritt und ein sehr schweres Gewicht trägt. Einmal angestoßen bewegt sich die Vorrichtung samt der daraufstehenden Schale minutenlang von selbst. Durch die entstehende Wellenbewegung des Entwicklers wird indessen die Bewegung doch so schnell gehemmt, daß man das Dunkelzimmer eigentlich nicht verlassen kann. Ich habe deshalb einen Entwicklungsapparat[1]) konstruiert, bei dem sich die Schaukelbewegung automatisch abspielt. Man verliert dadurch keine kostbare Zeit und hat außerdem die Möglichkeit, verdünnte Entwickler zu benutzen und den Prozeß unbeschadet der Güte der Platten ohne häufigere Überwachung sich vollziehen zu lassen.

Wie die Fig. 140 zeigt, besteht der Apparat aus einem festen Holzgestell, dessen beiderseitige Pfeiler oben in den Lagern a—a endigen. In diesen balanciert auf zwei Schneiden eine Achse, welche mit dem obersten

[1]) Lieferant: Baumgartel, Halle a. S., Meckelstraße.

wagrechten Brett c fest verbunden ist. Das letztere dient zur Aufnahme der verschiedenen großen Entwicklungsschalen h. An der Achse und mit ihr unter einem rechten Winkel fest vereinigt hängt das Pendel d mit einem nach oben und unten verschiebbaren schweren Gewicht. Ferner hängt an der Achse ein zweites Pendel, welches unten in dem Anker e endet. Letzterem seitlich gegenüber ist auf dem Boden des Holzgestells

Fig. 140.



der kleine Elektromagnet f festmontiert. Oben innen an dem vorderen Holzständer ist der Momentschalter g angebracht.

Es handelt sich also um einen Apparat, der durch ein schweres Pendel und einen kleinen Elektromagnet seine Bewegung erhält. Der Apparat ist in bezug auf das Pendel und hinsichtlich der Energie des Elektromagneten derartig ausbalanciert und konstruiert, daß er imstande ist, auch die ganz schweren Schalen bis zu der Größe von 45 × 55 cm mit der notwendigen Menge an Entwickler (also bis zu einem Liter Flüssigkeit) in dauernder Schaukelbewegung zu erhalten.

Der Apparat kann nach Wunsch an jede Stromquelle bei i angeschlossen werden.

Das obere wagrechte Brett c enthält nach dem Vorschlage von Davidson-Berlin in seiner Mitte einen Ausschnitt 24:30. In ihm liegt eine Rubinglasplatte. Unter der Glasplatte können zwecks Beobachtung des Entwicklungsprozesses die beiden Glühlampen b b eingeschaltet werden, welche ebenfalls rote, spektroskopisch geprüfte Gläser haben.

Die Anwendung dieses Apparates gestaltet sich nun folgendermaßen: Durch einen kleinen Schalter wird der elektrische Strom eingeschaltet und danach die erste Pendelbewegung dem Apparat durch die Hand mitgeteilt. Schwingt das Pendel und gleichzeitig der Anker e nach dem Elektromagnet f zu, so erfolgt Stromschluß, und der Anker wird von dem Elektromagnet angezogen. Sobald nun das Pendel durch seine Schwere die Bewegung hemmt und zurückgeht, wird der Magnet stromlos und die rückwärtige Pendelbewegung kann ausschwingen. Dieses abwechselnde Ein- und Ausschalten erfolgt durch den Momentschalter g, und die Schaukelbewegung bleibt so lange bestehen, als der elektrische Strom eingeschaltet ist.

Die Flüssigkeitsbewegung in den Entwicklungsschalen ist eine absolut gleichmäßige und die photographischen resp. Röntgenplatten werden so dauernd und regelmäßig mit dem Entwickler überrieselt.

Um unbehindert nach begonnener Entwicklung das Dunkelzimmer verlassen zu können, hält man sich einen aus dunklem Karton gefertigten einfachen viereckigen Kasten zur Verfügung, den man über die Entwicklungsschale stülpt.

Ganz kurz will ich noch darauf hinweisen, daß der Apparat auch für die Verstärkung der Platten, ferner zum Tonen und Fixieren von Kopien usw. benutzt werden kann. Von kleineren Platten lassen sich natürlich immer zwei bis vier gleichzeitig auf dem Apparat entwickeln.

Um den oft räumlich beschränkten Verhältnissen des Dunkelzimmers Rechnung zu tragen, ist der Apparat ferner so eingerichtet, daß das obere wagrechte Brett durch eine einfache Riegelvorrichtung festgestellt werden kann, so daß er in dieser Ruhelage als Dunkelzimmertisch dient.

Legal-Breslau hat folgende Schaukelvorrichtung konstruiert: Durch eine kleine Wasserturbine wird eine Schnurscheibe gedreht, an der exzentrisch eine Stange befestigt ist, die den Entwicklungskasten abwechselnd hebt und senkt.

Genau dasselbe erreichen Albers-Schönberg, Biesalski, Dessauer, Rosenthal und andere an ihren Schaukeltischen mit Hilfe eines Elektromotors.

Der Anfänger wird den Entwicklungsprozeß häufiger kontrollieren. Kennt man die Wirkungsweise seines Entwicklers genau, so überläßt man die Platte eine gewisse Zeit sich selbst. Nach einigen Minuten lüftet

man bei rotem Licht den Deckel. Erscheint die Platte schon ziemlich dunkel, begnügt man sich nicht mit der Aufsicht, sondern man betrachtet die Platte in der Durchsicht.

Die Entwicklung muß so lange fortgesetzt werden, bis die Platte fast völlig undurchsichtig ist. Die Stellen, auf die die Röntgenstrahlen recht kräftig einwirken konnten, also die direkt getroffenen und die Gelenksknorpelspalte, müssen in der Durchsicht vollkommen geschwärzt oder, wie man das nennt, gut gedeckt sein, wenn man ein kontrastreiches Bild haben will; man darf sich nicht wundern, wenn die Beckenaufnahme eines Erwachsenen 10—15 Minuten im Bade geschaukelt werden muß und die Platte schließlich verschleiert aussieht. Der Schleier geht meist beim Fixieren bedeutend zurück, zumal wenn die Platte etwas länger als notwendig in dem Fixierbad liegen bleibt, überhaupt hellt sich die ganze Platte hier auf.

Ist die Entwicklung beendet, d. h. sieht man bei der Durchsicht gegen die rote Lampe die knöchernen Teile nur noch weißlich angedeutet, so wird die Platte sorgfältig unter einem Wasserstrahl, der nur leise, ohne Druck fließt, abgespült.

Für diesen Akt brauchen wir einen geeigneten Spültisch, den man sich in praktischer Weise gleich dem in Fig. 141 abgebildeten von einem Tischler[1]) bauen läßt; die notwendigen Maße sind dabei angegeben.

Der obere kastenartige Teil ist ganz mit Blech ausgeschlagen und allseitig gut verlötet. Nach der Mitte zu senkt sich der Boden und enthält hier einen Abfluß mit Sieb. Der Boden ist bedeckt mit einem dünnen Holzlattengestell.

Mitten über dem Spültisch befindet sich ein Wasserhahn, der entweder mit einer weitlochigen Brause oder noch besser mit einem in jedem Küchengeschäft erhältlichen sogenannten Strahlregler zu versehen ist. Durch das feine Sieb dieses kleinen Instrumentes kommt der Strahl so weich, so zart geflossen, daß das Abspülen der Platte ohne jede Gefahr einer Verletzung der Schichtseite gründlich vorgenommen werden kann.

Dieser Spültisch enthält außerdem links unten senkrechte schmale Fächer für die Aufbewahrung der leeren Entwicklungsschalen, rechts zwei größere wagrechte Fächer für den gleichen Zweck oder für die Aufnahme von Schalen mit besonderen Flüssigkeiten oder zum Unterstellen der Flaschen mit den verschiedenen Chemikalien.

Die gut abgespülte Platte wird nunmehr in das Fixierbad gelegt. Dieses löst das noch vorhandene lichtempfindliche Bromsilber; das metallische Silber bleibt zurück; die Platte wird also lichtbeständig und haltbar gemacht.

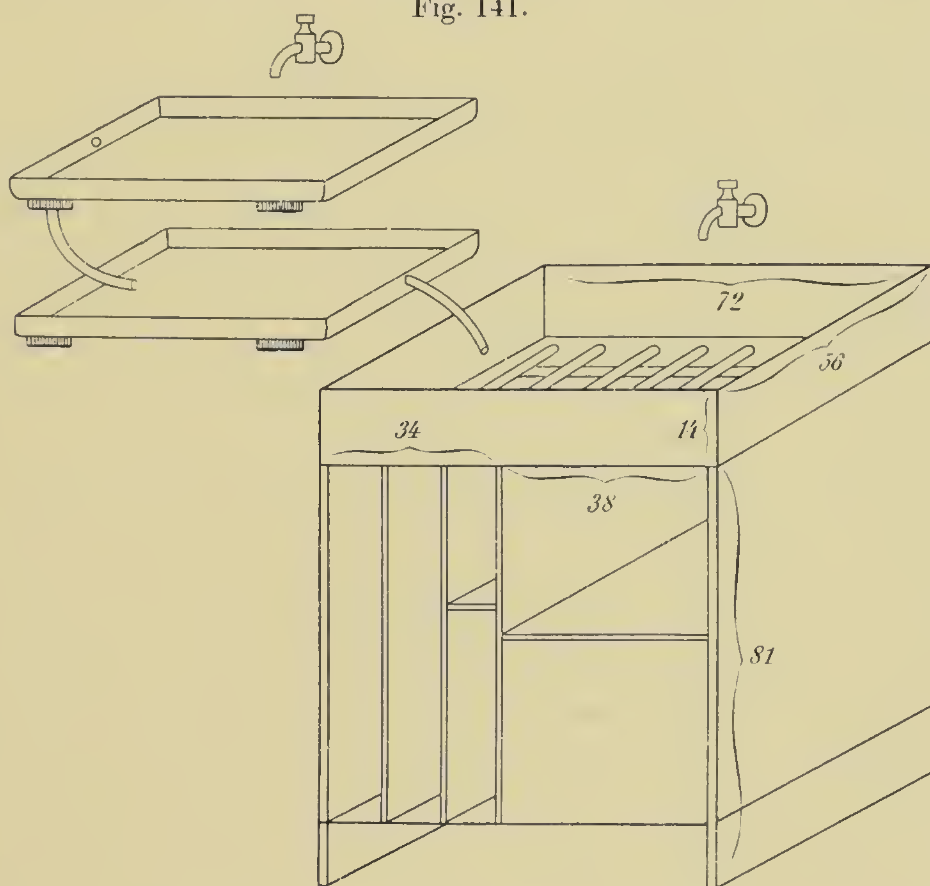
Die Fixierflüssigkeit soll den Boden einer großen Schale (50: 60)

[1]) Zu beziehen von Tischlermeister Meyer & Koppmann, Merseburg, Wilhelmstraße.

etwa 2 cm hoch bedecken; die Schale ist mit einem Holzdeckel geschlossen, der am besten mit der Wand durch ein Scharnier verbunden ist. Von der vorderen Mitte läuft nach der Wand hinten oben eine Schnur über eine Rolle, unten in einem Gewicht endigend, so daß die Deckelschwere richtig ausbalanciert ist. Der aufgeklappte Deckel bleibt dann in jeder Höhe ruhig stehen.

In diesem Fixierbade liegt die Platte so lange, bis das auf der Rückseite zuerst durchweg weiße Bromsilber vollständig verschwunden ist und die Platte ganz schwarz erscheint. Dieser Prozeß dauert gewöhnlich etwa

Fig. 141.



10 Minuten. Es ist aber anzuraten, die Platte noch etwas länger, also etwa 15 Minuten, im Fixierbad zu lassen.

Die ausfixierte Platte wird aus dem Bad herausgenommen, zunächst gründlich unter dem Wasserhahn über dem Spültisch abgespült und dann in Wasser gelegt. Das Wasserbad hat den Zweck, das Fixiernatron von der Platte, besonders von der Schichtseite, gründlichst zu entfernen.

Erwähnen will ich hier noch, daß man den Fixierprozeß noch bei rotem Licht beginnt; darauf schließt man das Bad mit dem beschriebenen Deckel und kann das weitere, auch das Kontrollieren der Plattenrückseite auf weiße Bromsilberreste, bei gewöhnlichem Glühlicht vornehmen.

Man sollte grundsätzlich die ausfixierten Platten in leicht fließendem Wasser spülen.

Appun-Salzwedel hat eine sehr nachahmenswerte Spülmethode angegeben. Wir benutzen dieselbe etwas modifiziert; vgl. Fig. 141.

Neben und oberhalb des eigentlichen Spültisches sind auf stabilen Konsolen zwei oder mehr große Schalen (50 : 60 cm) übereinander wagrecht an der Wand angebracht. (Abstand zwischen oberer und unterer Schale 30 cm.) Die Schalen sind aus gutem weiß emaillierten Blech gefertigt, der Rand ist etwa $4^1/_2$ cm hoch; 2 cm über dem Boden befinden sich an der einen Breitseite nach außen 4 cm vorragende Abflußrohre. Ein Wasserhahn versorgt die obere Schale durch einen Gummischlauch mit Wasser; von hier läuft dasselbe durch das mit einem Gummischlauch armierte seitliche Abflußrohr in die untere Schale und schließlich in das eigentliche Spülbecken.

Wir benutzen die untere Schale ausschließlich zum Auswaschen des Fixiernatrons, so daß die obere stets sauberes Wasser für andere photographische Zwecke enthält. Um die großen Platten bequem aus dem Wasser herausheben zu können, liegen auf dem Boden der Schalen einige Stückchen Gummischlauch, auf denen die Platte hohl und bequem zum Heben ruht.

Das Wasser braucht nur langsam durch Regulierung des oberen Wasserhahnes zu- und abzufließen, doch soll man im Sommer, wo eine schnelle Erwärmung eintritt, das Wasser schneller wechseln lassen.

Im Spülbad bleibt die Platte mit der Schichtseite stets nach oben mindestens 1 Stunde liegen. Danach wird sie noch einmal unter dem Wasserhahn abgespült und eventuell, wenn der Schichtseite noch Niederschläge anhaften sollten, mit einem dichten Wattebausch oder, noch einfacher, mit den Fingerspitzen gründlich abgewischt. — Nachdem man noch über dem Spültisch das Wasser hat abtropfen lassen, bringt man die Platte auf ein Trockengestell, welches in photographischen Geschäften zu kaufen ist. Ich habe mir eine lange, 8 cm breite Holzleiste an der Wand wagrecht anbringen lassen, auf der die Platten schräg mit der Schichtseite nach vorn zum Trocknen placiert werden. Das Trocknen soll in einem luftigen, trockenen, möglichst staubfreien Zimmer geschehen bei gewöhnlicher Temperatur. Dasselbe beansprucht gewöhnlich 10—14 Stunden.

Ist eine raschere Trocknung nötig, so legt man die Platte, nachdem sie abgetropft ist, in 95%igen Alkohol. Derselbe entzieht unter fleißigem Schaukeln der Gelatineschicht in 5 Minuten das Wasser und wird am besten noch einmal kurz erneuert. Auf dem Plattenständer ist solch alkoholisierte Platte in 10 Minuten vollkommen trocken. Wenn man einen Zimmerventilator zur Verfügung hat, kann man die feuchte Platte mit diesem ebenfalls in 10—15 Minuten vollständig austrocknen. Man stellt die Platte zu diesem Zweck auf Fließpapier mit der Schichtseite etwa $^1/_2$ m vor den Ventilator. Staubfreiheit der Zimmerluft ist hier noch mehr geboten.

Entwickler.

Von einigen Seiten hört man gerade einen bestimmten Entwickler ganz besonders empfehlen. Wir können denen beistimmen, die nicht auf die Art des Entwicklers das Hauptgewicht legen, sondern auf die richtige Mischung; wir verlangen eine mittelharte Entwicklung. Wir haben gearbeitet mit Hydrochinon-, mit Hydrochinon-Eikonogen-, mit Eisen- und mit Glycinentwickler, und mit allen sind wir, wenn nur die Platte ordentlich belichtet war, zu gleich guten Resultaten gekommen.

Ich will im folgenden die vier von mir selbst in langem Gebrauch erprobten Entwickler und ihre Herstellungsart angeben.

Hydrochinon.

I.

Man löst in destilliertem Wasser 1 l,
Natriumsulfit 66 g.
Wenn dies ganz gelöst ist, fügt man hinzu
Hydrochinon 20 g.

II.

10%ige wäßrige Pottaschelösung, also
destilliertes Wasser 1 l,
Pottasche 100 g.

III.

10%ige wäßrige Bromkaliumlösung, nämlich
destilliertes Wasser 100 g,
Kal. bromat. 10 g.

Diese drei Lösungen werden getrennt aufbewahrt.

Zum Gebrauch mischt man gleiche Teile von Lösung I und II und fügt auf 100 ccm jedesmal 10 Tropfen der Bromkaliumlösung.

Sollte das Bild beim Entwickeln zu rasch kommen oder sich Schleier bilden, fügt man nach Emporheben der Platte noch tropfenweise Bromkaliumlösung hinzu.

Der Hydrochinonentwickler paßt sich den verschiedenen Expositionszeiten gut an. Es ist zu empfehlen, mit gebrauchtem Entwickler zu beginnen und nach Bedürfnis mit frischem zu endigen.

I.

Man löst in 50—60° warmem
destilliertem Wasser 1 l,
Natriumsulfit 120 g.
Dazu fügt man
Glycin 40 g
und setzt nach dessen Lösung langsam
Pottasche 15 g
zu.

II.

10%ige wäßrige Pottaschelösung, nämlich
destilliertes Wasser 1 l,
Pottasche 100 g.

Diese beiden Lösungen werden getrennt aufbewahrt und zum Gebrauch zu gleichen Teilen gemischt. Die Negative werden zart und klar; Verschleierung der Platten tritt selten ein.

Eisenoxalat.

I.

Man löst in
destilliertem Wasser 4 l,
Neutrales oxalsaures Kali 1000 g.

II.

Aqua destillata 750 g,
Eisenvitriol (chemisch rein) 250 g,
Acidum tartar. 7,5 g.

III.

10%ige Bromkaliumlösung.

Die Eisenvitriollösung muß in einer gut verschlossenen Flasche und im Hellen aufbewahrt werden.

Zum Gebrauch nimmt man

von Lösung I 3 Teile und
von Lösung II 1 Teil.

Auf 100 ccm des gemischten Entwicklers kommen 10 Tropfen der Bromkalilösung.

Zu bemerken ist, daß die Eisenvitriollösung stets in die oxalsaure Kalilösung gegossen wird.

Das Bild erscheint hier ziemlich rasch, wird aber erst kräftig nach längerem Entwickeln.

Unangenehm bei diesem sonst empfehlenswerten billigen Entwickler ist die Gelbfärbung der Finger (Vorsicht vor Flecken in der Kleidung!).

Metolentwickler nach Schleußner:

I.

Destill. Wasser 1000 ccm,
Metol (erst auflösen) 10 g,
Sulfit (krist.) 100 g,
Bromkalium 1 g.

II.

Destill. Wasser 1000 ccm,
Soda 100 g.

Zum Gebrauch nimmt man gleiche Mengen von I und II.

Ferner habe ich durch Appun-Salzwedel den

Eikonogen-Hydrochinonentwickler

für alle die Fälle schätzen gelernt, in welchen es uns darauf ankommt, recht schnell ein Bild fertig zu haben.

I.

Eikonogen 15 g,
Natriumsulfit 120 g,
Hydrochinon 10 g,
Aqua destill. fervid. 750 ccm.

II.

Kalium bromatum 0,25 g,
Kalium carbonicum 50 g,
Aqua destill. fervid. 250 ccm.

Beide Lösungen werden nach dem Erkalten untereinander geschüttelt und filtriert.

Dieser Entwickler ist erst 2—3 Stunden nach dem Mischen zu gebrauchen und 3—4 Wochen haltbar. Zum Gebrauch mischt man den Entwickler mit $1/3$—$1/2$ Wasser; Temperatur zwischen 18 und 25° C. Vor dem Entwickeln werden die Platten in reines Wasser getaucht, da bei diesem Rapidentwickler selbst ein kurzes ungleichmäßiges Überlaufen sichtbar bleibt. Er arbeitet in 5 Minuten eine Platte vollkommen und schleierlos durch. Nur muß sorgsam Obacht gegeben werden, daß der Dichtegrad der Platte richtig ist.

Fixierbad.

Aqua destillata 1600 ccm,
Unterschwefligsaures Natron 400 g,
Saure Sulfitlauge 100 ccm.

Zu bemerken ist, daß destilliertes Wasser nicht erforderlich ist; die Fixierschale soll verdeckt gehalten werden wegen der freien schwefligen Säure. Ist der Geruch nach letzterer verschwunden, fügt man von neuem etwas saure Sulfitlauge hinzu; besser ist es indessen, das Fixierbad nicht zu alt werden zu lassen, jedenfalls durch frisches zu ersetzen, wenn es braun geworden ist.

Verstärken der Platten.

Ist eine Platte mit einer wohl passenden Röhre nicht lange genug belichtet, so erscheint dieselbe nach dem Entwickeln nicht gut gedeckt, und die Unterschiede zwischen Knochen und Weichteilen treten nicht genügend gegensätzlich hervor, sie ist wenig differenziert. Diesem Übelstande läßt sich vortrefflich abhelfen durch den Verstärkungsprozeß. Hierzu müssen die Platten, wie eigentlich immer, gründlichst ausfixiert und aufs beste ausgewaschen sein.

Ich lasse sogar die Platten prinzipiell nach dem Wässern erst vollständig trocknen.

Wir brauchen für die Verstärkung zwei Lösungen:

I.

Aqua destillata fervid. 1600 ccm,
Sublimat 100 g.

II.

Wäßrige Ammoniaklösung 1:10.

Beide Lösungen können sehr oft benutzt werden.

Das Verstärken wird folgendermaßen ausgeführt: Die noch nasse oder ganz trockene Platte wird in eine Schale mit der Sublimatlösung gebracht und in dieser ununterbrochen geschaukelt. Je nach dem gewünschten Grade der Verstärkung bleibt die Platte hierin, bis sie leicht grau, grauweiß oder ganz weiß erscheint: der letztere Grad stellt eine sehr intensive Verstärkung dar.

Hierauf wird die Platte wieder 15 Minuten in fließendem Wasser ausgewaschen, noch einmal mit dem sanften Wasserstrahl über dem Spültisch hinten und vorn abgespült und darauf in die Ammoniaklösung gelegt, in welcher die Schwärzung des Silberniederschlages eintritt. Von der Glasseite erkennt man, daß die Schwärzung durch die ganze Schicht gedrungen ist.

Zum Schluß wäscht man die Platte noch einmal etwa 1 Stunde in der Spülvorrichtung, um sie dann wieder, wie üblich, trocknen zu lassen.

Abschwächen der Platten.

Wir müssen noch mit einigen Worten der Überexposition gedenken. Wir hatten oben den Satz aufgestellt, für Körperteile von gewisser Dicke auch immer Röhren mit einem bestimmten nur notwendigen Durchdringungsvermögen zu benutzen, da das Licht einer harten Röhre, z. B. für eine Handaufnahme, zu hell sein kann, so daß das Bild schließlich gar keinen Kontrast zwischen Knochen und Weichteilen zeigt und grau und verschleiert erscheint. Und in diesem Sinne gibt es tatsächlich eine Überexposition, d. h. das Licht ist für die geringe Körperstärke zu durchdringend, so daß auch die Knochen zu stark durchleuchtet werden. Solche Bilder können durch die Entwicklung nicht gebessert werden.

Ganz anders verhält es sich indessen mit der Frage, wie lange darf ich, um noch ein brauchbares Bild zu erhalten, die Belichtung einer Hand mit einer weichen für sie passenden Röhre fortsetzen. Die Antwort lautet, daß man ruhig 10—12mal länger als notwendig die Strahlen wirken lassen kann, ohne bei richtiger langsamer Entwicklung nachher ein unbrauchbares Bild zu erhalten; in diesem Sinne ist also die länger als notwendige Exposition, die Überexposition, nicht schädlich. Diesen Unterschied müssen wir uns wohl vor Augen halten.

Erscheint aber die Platte infolge zu langer Entwicklung so sehr gedeckt, daß die Durchsicht und damit das Lesen im Bilde zu erschwert ist, so ist eine Abschwächung der Platte angebracht.

Wir haben dazu stets folgende bekannte Lösungen benutzt:

I.

Aqua destill. 500 ccm,
Unterschwefligsaures Natron 100 g.

II.

Aqua destill. 50 ccm,
Rotes Blutlaugensalz 10 g.

Die Lösung II muß im Dunkeln oder in einer braunen Flasche aufbewahrt werden.

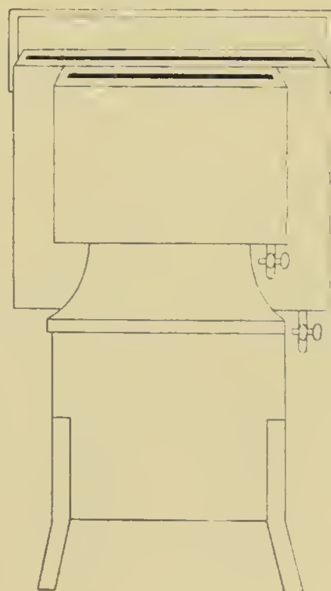
Zum Gebrauch fügt man zu 100 ccm der Lösung I 5 ccm der Lösung II und legt das 1/2 Stunde eingeweichte Negativ in diese Mischung. Unter Schaukeln kontrolliert man den Effekt der zunehmenden Abschwächung und unterbricht den Prozeß, wenn man in der Durchsicht den gewünschten Grad der Dichte erreicht hat. Danach wird die Platte für 1 Stunde in die Spülvorrichtung gelegt und schließlich wieder getrocknet.

Wie bei allen Prozeduren in der Entwicklungstechnik, so ist besonders beim Verstärken mit Sublimat und beim Abschwächen die äußerste Sauberkeit notwendig Verspritzte Sublimatlösung muß aufgewischt und mit Sublimatlösung beschmutzte Hände müssen sofort in fließendem Wasser gereinigt werden Jede Schale darf nur für einen bestimmten Zweck, für eine bestimmte Lösung benutzt werden.

Standentwicklung.

Meydenbauer hat dieselbe in die Negativtechnik eingeführt. Ihr Name stammt daher, daß die Platten in einem lichtdicht verschließbaren, mit Entwickler gefüllten Kasten aufgestellt werden, bis der gewünschte Grad der Entwicklung erreicht ist. Hübl und Pichler haben durch sorgfältige Untersuchungen festgestellt, daß sich selbst dreißigfache Überexposition ausgleichen ließ, daß aber auch bei Unterexpositionen noch relativ gute Resultate erzielt wurden. Nach diesen und sehr zahlreichen sonstigen Veröffentlichungen haben wir in der Standentwicklung ein Mittel, unsicher exponierte Platten mit gutem Erfolge zu entwickeln.

Fig. 142.



Die Standgefäße werden in verschiedenen Größen geliefert. Die Fig. 142 zeigt uns das von Hirschmann geschaffene Modell.

Zwei verschieden große, hintereinander gestellte, wasserdichte Gefäße sind auf einem Stativ aufgebaut und mit je einem Ablaufhahn versehen. Das Stativ ist so hoch, daß sich auch die größten Platten bequem einstellen und mittels

Blechhaltern zur Durchsicht herausheben lassen. Vier Platten können in diesem Entwicklungsapparat gleichzeitig fertig gemacht werden.

Appun hat mit allen möglichen, richtig verdünnten Entwicklern vortreffliche Resultate erzielt, so mit Rodinal, Amidol, Hydrochinon und Glycin.

Letzteres scheint nach den mir gewordenen Mitteilungen am meisten im Gebrauch zu sein. Kaiserling hat eine Vorschrift angegeben, die wir selbst mit bestem Erfolge angewandt haben.

Aqua destill. fervid. 100 ccm,
Glycin 2 g,
Natriumsulfit, kristallisiert 5 g,
Pottasche 10 g.

Nachdem alles gelöst ist, wird die Lösung mit Wasser verdünnt ad 1000 ccm. Bei normaler Belichtung ist eine Platte in etwa 30 Minuten, eine schwach belichtete in 1—3 Stunden, eine zu lange exponierte eventuell schon in $^1/_4$ Stunde vollkommen durchentwickelt. Bei unterexponierten Platten, die länger als 40 Minuten in dem Entwickler bleiben müssen, tritt meist Gelbschleierung ein. Dieselbe ist zu vermeiden, wenn man die Platte vorher in einer 1%igen wäßrigen Pottaschelösung 5—10 Minuten badet.

Albers-Schönberg empfiehlt die Mischung nach Pizzigelli:

I.

Glycin 30 g,
Natriumsulfit 100 g,
Natrium oder Kaliumkarbonat 20 g,
Aqua destillata 1000 ccm.

II.

Natrium oder Kaliumkarbonat 100 g,
Aqua destillata 1000 ccm.

Zu gleichen Teilen zusammengegossen dient dieselbe für die gewöhnliche Entwicklung; zur Standentwicklung werden zu der Summe dieser beiden Lösungen 3 l Leitungswasser zugesetzt. Eine solche Mischung, stets unter gut verschlossenem Deckel aufbewahrt, hält sich lange und genügt zur Entwicklung von dreißig mittelgroßen Platten. Ist dieser Entwickler noch frisch, so ist eine normal belichtete Röntgenplatte in 25 Minuten wohl durchgearbeitet. Vorher braucht der Prozeß kaum kontrolliert zu werden. Man muß sich natürlich auch an die Standentwicklung erst gewöhnen, wird aber sicher selbst als Anfänger schnell zu guten Resultaten kommen.

Hofmeister-Stuttgart hat den Hirschmannschen Standentwicklungsapparat derart verändert, daß durch ein vermöge eines einfachen Uhrwerks in Bewegung gehaltenes Pendel die Platten in dem Standent-

wickler gehoben und gesenkt werden[1]). Es ist klar, daß diese Konstruktion sämtliche Vorteile der Standentwicklung und der bewegten Entwicklung auszunutzen gestattet; Betriebskosten entstehen nicht.

Films.

Die Verwendung von Films hat in der Röntgentechnik nur eine beschränkte Verwendung gefunden, z. B. für Zahn- und Kieferaufnahmen, für Moment- und kinematographische Aufnahmen unter Lagerung zwischen zwei Verstärkungsschirmen, oder wenn man gleichzeitig mehrere Aufnahmen wünscht. Bei den Films, welche Schleußner für Röntgenzwecke herstellt, ist die lichtempfindliche Schicht auf Zelluloidfolien aufgetragen, die auch in den Bädern plan liegen bleiben; sie sind biegsam, unzerbrechlich und lassen sich mit der Schere in jedes beliebige Format zerschneiden. Ihre Empfindlichkeit ist nahezu gleich der der Platten, nur sind sie nicht länger als 1—2 Monate haltbar und müssen deshalb immer frisch verarbeitet werden.

Die Films werden genau wie Platten in die Kassette gelegt oder in doppeltes schwarzes Papier eingewickelt; ebenso gestaltet sich ihre Entwicklung, Fixierung und Wässerung; nur muß man darauf achten, daß die Lösung reichlich ist und daß sich die Films nicht übereinander legen.

Schleußner empfiehlt als Entwickler den oben beschriebenen Metolentwickler und gibt für das Trocknen folgende Anweisungen: Man befestigt den Planfilm entweder an den Ecken mit der Schichtseite nach außen mit Heftzwecken oder sogenannten Filmnadeln auf starke Pappe oder ein Brett, das man zum Abtropfen senkrecht aufstellt; oder man hängt den Film mit Klammern an einer Leine zum Trocknen auf, wobei man den Film auch unten mit Klammern beschwert.

Nach dem Trocknen zeigen kleine Formate manchmal Neigung, sich zu krümmen. Man kann dem dadurch begegnen, daß man den Film nach dem Fixieren und gründlichen Auswaschen in ein Bad von

Glyzerin 30 ccm,
Alkohol 300 ccm,
Wasser 500 ccm

3—5 Minuten lang legt, worauf er in der vorhin angegebenen Weise getrocknet wird.

Wenn der Film zum Trocknen aufgespannt wird, so lege man reines Filtrierpapier darunter und entferne anhaftende Wassertropfen durch vorsichtiges Abtupfen mit Filtrierpapier, weil eintrocknende Wassertropfen helle Stellen erzeugen können.

Zur Beschleunigung des Trockenprozesses dürfen Bäder von absolutem Alkohol nicht angewendet werden.

[1]) Lieferant: Hirschmann, Berlin, Ziegelstraße.

Beherrscht man die Aufnahmetechnik und befolgt man alle die gegebenen Vorschriften für Platten- und Filmbehandlung vor, während und nach der Entwicklung, Fixierung und Wässerung genau, so werden auch gute Resultate die Folge sein. Trotzdem werden gelegentliche Fehler, besonders in photographisch-technischer Hinsicht, unterlaufen, über die man sich im Interesse ihrer zukünftigen Vermeidung schnell und vollkommen Aufklärung verschaffen muß. Eine außerordentlich sorgsame Übersicht über die in der Praxis am meisten vorkommenden Behandlungsfehler und über ihre Vermeidung findet sich in dem kleinen, sehr empfehlenswerten Röntgenhandbuch, welches die Dr. C. Schleußner Aktiengesellschaft in Frankfurt a. M. zur Verfügung stellt. Das Studium desselben ist deshalb jedem Röntgenologen sehr zu empfehlen.

Röntgenpapier.

Seit etwa 7 Jahren hat die Neue Photographische Gesellschaft-Steglitz ein hochempfindliches glänzendes Bromsilberpapier auf Karton eingeführt, das an Stelle der Platte für die direkte Röntgenaufnahme bestimmt ist. Jede Größe ist vorrätig, und zwar entweder in Paketpackung mit 10 Blatt Inhalt oder in lichtdichter Einzelpackung.

Die Entwicklung, Fixierung usw. ist die gleiche wie diejenige der Platten; genaueste Vorschriften erhält man beim Bezug. Vorteile sind die große Billigkeit und Unzerbrechlichkeit. Die Röntgenempfindlichkeit ist der der Platten ungefähr gleich.

Mit dem Plattenverfahren kann die Verwendung des Papiers nicht in Konkurrenz treten; immerhin gibt es Gelegenheiten — bei orientierenden Übersichts-, bei Fremdkörperaufnahmen, bei Frakturen und Luxationen —, für die das Papier empfohlen werden muß.

Die fertigen Platten

können entweder, wie sie sind, aufbewahrt oder wenn sie beispielsweise bei Demonstrationen von Hand zu Hand wandern sollen, noch besonders geschützt werden. Zu diesem Zwecke wird die Schichtseite der Platte mit dem in der photographischen Technik üblichen Zaponlack übergossen oder mit einer sauberen Glasplatte überdeckt und beide Platten dann an den Randpartien rings herum verklebt. Außerdem empfiehlt es sich, die Platten mit schwarzem Papier derart abzudecken, daß durch den resultierenden runden oder viereckigen Ausschnitt die wichtigen Plattenteile besonders herausgehoben werden. Um ferner eine diffuse Lichtverteilung hervorzurufen, so daß die Platte überall wie vor einer Milchglasscheibe betrachtet werden kann, ist das Überziehen der Glasseite mit Mattlack nach dem Vorgehen von Hartung-Dresden sehr zu empfehlen.

Um die fertigen Platten früher oder später nicht mit anderen zu verwechseln, wird allgemein auf eine Ecke der Schichtseite nachträglich Namen und Datum mit Bleistift oder Tintenstift geschrieben. Noch besser ist, die Signatur schon während der Aufnahme durch die Röntgenstrahlen selbst besorgen zu lassen. Zu diesem Zwecke habe ich schon früher kleine, in Blei- oder Kupferblech eingestanzte Zahlen verwandt; mit drei Serien von 0 bis 9 kommt man aus. Aus diesen setzt man die Zahl der Aufnahme oder das Datum zusammen, indem man praktischerweise die Ziffern auf ein Stück Papier aufklebt und dieses während der Aufnahme auf die eine Ecke der Platte legt oder bei senkrechter Plattenstellung aufklebt. Noch besser ist das Verfahren von Hildebrand-Marburg, der eine Schreibflüssigkeit hergestellt hat aus:

Hydrargyrum bijodat. 10,0,
Jodkali 3,5,
Aqua destill. 2,3.

Man schüttelt die Mischung und schreibt mit einer Stahl- oder Gänsefeder recht dick und deutlich Namen und Datum auf die Packung der Platte oder auf einen Zettel, den man auf die Kassette legt oder klebt. Die Flüssigkeit markiert sich dann auf der belichteten und entwickelten Platte.

Der Kopierprozeß und das Zeichnen nach den Platten.

Nur der Anfänger in der Röntgenographie wird, worauf immer wieder hingewiesen werden muß, auf das Kopieren der Röntgenbilder und die Diagnose nach solchen Positiven Wert legen. Trotzdem kommt den Kopien ein gewisser Wert zu, nämlich für die Übermittlung unserer Resultate an andere und für die Vervielfältigung überhaupt.

Dabei muß man sich aber immer gegenwärtig halten, daß die Kopie niemals die Details der Platte in ihren Einzelheiten und ihrer Exaktheit wiedergeben kann, selbst wenn die Güte der Bilder eine so große ist wie diejenige in den „Fortschritten auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen" mit dem photographischen Rotationsdruck der Neuen Photographischen Gesellschaft in Berlin-Steglitz.

Zum Kopieren wird fast ausschließlich das allgemein in der Photographie bekannte Zelloidinpapier benutzt. Die dazu notwendigen Kopierrahmen liefert jedes photographische Spezialgeschäft. Das Zelloidinpapier bezieht man in den den Platten entsprechenden Größen, und zwar muß dasselbe an einem trockenen, dunklen Orte aufbewahrt werden.

Im Halbdunkel oder bei schwachem elektrischem Licht wird das Papier gegen die Schichtseite der ganz sauberen und absolut trockenen Röntgenplatte gelegt und dann in dem Kopierrahmen untergebracht.

Das Kopieren soll nie im direkten Sonnenlicht stattfinden, sondern im gewöhnlichen hellen, zerstreuten Tageslicht.

Man kontrolliert hin und wieder das Fortschreiten des Kopierens, indem man den Rahmen an einen nur wenig hellen Ort transportiert und die eine hintere Klappe aufhebt, desgleichen den freiwerdenden Teil des Papiers und die betreffende Bildhälfte betrachtet; dabei darf das Papier nicht verschoben werden.

Der Kopierprozeß ist erst dann beendet, wenn gerade alle die Details, auf die es im Röntgenbilde ankommt, kräftig sichtbar sind. Der Neuling neigt nämlich fast stets dazu, das Kopieren zu früh zu unterbrechen, weil er meint, die Färbung des Papiers werde zu dunkel; aber lieber zu dunkel als zu hell, weil die Bilder stets im Goldfixierbad heller werden, etwas zurückgehen.

Es ist klar, daß sich über die Dauer des notwendigen Kopierens gar keine Zeitangaben machen lassen; dafür ist die Dichte der Platte und die Helle des Lichtes maßgebend. Hier gibt nur die Erfahrung den Ausschlag.

Notwendig ist es, die kopierten Bilder zur Entfernung überschüssigen Silbernitrats etwa 10 Minuten lang in absolut sauberem, am besten fließendem Wasser auszuwaschen. Erst dann schreitet man zum Tonen und Fixieren.

Wir tonen und fixieren immer in einem gemeinsamen Bade, einem sogenannten Tonfixierbad, welches längere Zeit haltbar ist und wiederholt gebraucht werden kann.

Als empfehlenswert hat sich uns folgendes Rezept erwiesen:

Aqua destill. 2000 ccm,
Unterschwefligsaures Natron 500 g,
Rhodanammonium 55 g,
Alaun pulverisiert 15 g,
Zitronensäure 15 g,
Essigsaures Blei 20 g,
Salpetersaures Blei 20 g.

Man löst am besten die Bestandteile einzeln in Teilen der obigen warmen Wassermenge, fügt sie dann erst zusammen und läßt das Ganze unter öfters wiederholtem Schütteln einige Tage stehen. Zum Schluß wird es filtriert und 150 ccm einer wäßrigen Chlorgoldlösung 1 : 200 unter kräftigem Schütteln hinzugefügt.

Zum Gebrauch gießt man von diesem Bad in eine absolut saubere Schale ein gewisses Quantum und legt die gewässerte Kopie mit der Schichtseite nach unten in dasselbe hinein. Nach $^1/_2$ Minute dreht man das Bild um, um eventuell Luftblasen zu vermeiden, und beobachtet den Ton des Bildes unter fortgesetztem Schaukeln.

Ist die gewünschte Tönung über Rotgelb, Rotbraun, Braun mehr ins Violette erreicht, wird das Bild in fließendem Wasser 1 Stunde gewaschen; dann nimmt man es aus dem Wasser, läßt es ordentlich abtropfen und bringt es zum Trocknen.

Vorteilhaft ist, für den Trockenakt ein schräg gestelltes, breites Brett zu benutzen, das mit weißem Fließpapier bedeckt ist. Das Bild wird mit der Schichtseite nach oben an den Ecken mittels Reißzwecken befestigt, damit es nicht aufrollt. Auch an einem ausgespannten Bindfaden kann das Bild mit Klammern zum Trocknen aufgehängt werden.

Danach wird das Bild sorgfältig und rechtwinklig umschnitten und auf einen passenden Karton mit Stärkekleister aufgeklebt.

Rautert gibt für das Aufziehen der großen Formate, was recht schwierig ist, folgende Winke:

Nachdem der Bogen getrocknet, beschnitten und auf seiner Rückseite mit Kleister (20 g Stärkemehl, 0,2 g Salizylsäure und 180 ccm Wasser unter Umrühren aufgekocht) gut und gleichmäßig eingerieben ist, lege ich ihn mit der Bildseite auf einen Bogen Papier, der die gleiche Form des Kartons hat, auf den er aufgezogen werden soll, richte ihn in aller Ruhe zurecht und lege dann den Karton auf; das Bild haftet nun am Karton und kann mit dem Ballen der Hand leicht von Blasen befreit und glattgedrückt werden. Den Karton läßt man vorher einige Minuten in Wasser liegen und tupft ihn vor dem Gebrauch gut ab. Die Bilder verziehen sich dann nicht so stark.

Blauverfahren.

Donath hat das sehr einfache und billige Verfahren für provisorische Abzüge der Röntgenplatten empfohlen. Wir stimmen ihm bei und halten dasselbe in vielen Fällen für ausreichend, wenn es gilt, für auswärtige Kollegen oder für Gutachten ein Kontrollbild anzufertigen. Es ist besonders brauchbar, weil sich auf dem Papier nach dem Trocknen mit Blei, Buntstift oder Tinte Gewünschtes extra anzeichnen oder hervorheben läßt.

Das Eisenblaupapier ist überall erhältlich; dasselbe kann in der Sonne oder im diffusen Tageslicht belichtet werden. Das Anlegen hinter die Platte im Kopierrahmen ist das übliche.

Man muß sehr lange kopieren, bis das ganze Bild sichtbar ist und die tiefsten Schatten graugrün erscheinen. Etwas Übung ist erforderlich, um die rechten Kontraste zu erhalten.

Nunmehr wird die Kopie in fließendem Wasser gewaschen, bis keine Grünfärbung des letzteren mehr eintritt. Beim Waschen entwickelt sich das Bild in einem schönen, kontrastreichen Blau.

Noch intensiver wird die blaue Farbe dadurch, daß man das ½ Stunde ausgewaschene Bild für 5—10 Minuten in eine 2%ige wäßrige Salzsäurelösung legt und dann noch einmal auswäscht.

Mit folgender Lösung kann man mit einem feinen Pinsel oder mit der Schreibfeder auf dem Blaupapier Korrekturen anbringen oder schreiben; die Schrift wird weiß:

Aqua destill. 100 ccm,
Oxalsaures Kali 10 g.

Ich will übrigens bemerken, daß ich mir dieses Blaupapier selbst herstelle. Weißes Kartonpapier, in den verschiedenen Größen zugeschnitten, wird mit folgender Mischung recht sauber und gleichmäßig bei rotem Licht oder im Halbdunkel bestrichen:

I.
Destilliertes Wasser 50 ccm,
Rotes Blutlaugensalz 8 g.

II.
Destilliertes Wasser 50 ccm,
Zitronensaures Eisenoxydammoniak 10 g.

Die getrennten Lösungen sind im Dunkeln aufzubewahren und gut haltbar. Zum Gebrauch mischt man gleiche Teile der beiden Lösungen; ein weicher breiter Pinsel dient zum Auftragen dieser Mischung auf das Papier. Das Trocknen findet im Dunkeln statt und dauert 1—2 Stunden.

Das Zeichnen nach den Platten.

Für viele Fälle ist es angebracht und genügend, eine Zeichnung nach der Platte anzufertigen.

Der Prozeß ist sehr einfach. Gegen die Schichtseite der Platte legt man ein dieselbe ganz deckendes, dünnes weißes Papier oder geeignetes Pauspapier[1]) und zeichnet nun gegen einen ganz hellen Hintergrund das Bild sorgfältig konturiert durch. Nur darf die Schichtseite der Platte darunter keinesfalls leiden. Man verwendet also dazu einen ganz weichen, mittelgespitzten Bleistift und paust ohne jeden Druck. Nachträglich kann man die Linien entsprechend nachziehen. Veröffentlichungen der letzten Jahre sind voll von diesen wirklich brauchbaren nachgepausten und sehr bezeichnenden Linienbildern.

Über Röntgenbilder nach Béla Alexander-Budapest.

Ein tüchtiger Zeichner versteht Licht und Schatten derart in der Zeichnung irgend eines Gegenstandes zu verteilen, daß dieselbe für unser Auge plastisch wirkt. Ganz ähnlich dem guten Zeichner verteilt das irgend einen körperlichen Gegenstand durchdringende Licht einer guten Röntgenröhre bei vollendeter, dem jeweiligen Körper angepaßter Technik Licht und Schatten auf der photographischen Platte derart fein und sorgsam abgestuft, daß das entstehende Röntgenbild für unser Auge ebenfalls plastisch wirkt.

So zeigt uns die technisch vollendete, wohl durchgearbeitete Röntgen-

[1]) Von Ludloff-Breslau ist ein sehr gutes Pauspapier empfohlen; zu beziehen von P. Strunk, Malutensilienhandlung, Breslau, Albrechtstraße.

aufnahme eines Schrotkorns, eines goldenen Ringes oder einer Spirale nicht ein einfaches weißes Ausfallsbild der genannten metallischen Gegenstände, sondern tatsächlich ein unserem Auge durch feinste Schattierung wirklich plastisch erscheinendes Kugel-, Ring- oder Spiralenbild. Mit Hilfe einer Lupe können wir uns die plastische Wirkung einer guten Schwarz-Weiß-Zeichnung ebenso wie diejenige der betreffenden Röntgenzeichnung noch mehr vor Augen führen.

In unermüdlichem Fleiße hat Béla Alexander-Budapest die

Fig. 143.



Technik des Röntgenbildes zu verfeinern verstanden und die Anerkennung dieser Tatsache durch Wort und Bild bei den Röntgenologen erreicht.

In diesem Sinne dürfen wir also heute getrost technisch vollendete Röntgenbilder plastische Bilder nennen.

Béla Alexander ist nun noch einen Schritt weiter gegangen. Er stellte von der ursprünglichen ersten Röntgenplatte, die er Urplatte und logischerweise das Positiv nannte, auf einer gleich großen zweiten Platte — Schichtseite an Schichtseite gelegt — ein zweites Bild her, das nun Dianegativ heißen mußte. Legte er dann diese I. und II. Platte,

also das Positiv und das Dianegativ, nicht mit den Schichtseiten, sondern mit den Glasseiten genau aufeinander, und hielt er die beiden so kombinierten Platten etwas schief gegen das Licht, so traten die auf der Urplatte vorhandenen Verhältnisse viel deutlicher und klarer zutage, die plastische Wirkung erschien noch wesentlich verstärkt.

Davon ausgehend fand Alexander auch den Weg, diese verstärkte plastische Wirkung auf einer dritten Platte festzuhalten. Zu diesem Zwecke klebte er die Platte I und Platte II Glasseite an Glasseite gelegt mittels Eiweißpapiers unverrückbar an den Randpartien aneinander. Nun wird diese Doppelplatte derart in einen Kopierrahmen gelegt, daß die Schichtseite der I. Platte nach außen und die Schichtseite der II. Platte entsprechend nach innen gekehrt ist. Gegen die Schichtseite der II. Platte kommt die Schichtseite der zu belichtenden III. Platte zu liegen. Der fest geschlossene Kopierrahmen wird leicht schräg gegen die Lichtquelle gestellt und danach belichtet. Damit entsteht auf der III. Platte ein der Uraufnahme, dem Positiv entsprechendes Diapositiv, welches nach sorgfältiger Entwicklung die Verhältnisse der Urplatte in verstärkter Plastik zeigt. Wollen wir uns mit der Durchsicht begnügen, so ist mit dieser III. Platte die Methode Alexanders beendet. Die III. Platte zeigt alle inneren Struktur- und Weichteilverhältnisse in einer Feinheit und Schärfe wie das Relief eines Künstlers. Entsprechend dem leicht schräg durch die Doppelplatte I und II einfallenden Lichte entsteht eben ohne jede Verzerrung eine an allen inneren Teilen ausgeprägte einseitige Schattenbildung wie an einem Relief, das nicht direkt von vorn, sondern leicht von der Seite beleuchtet wird.

Wollen wir eine wirklich gute, genau entsprechende Kopie herstellen, so dürfen wir nicht diese III. Platte direkt zum Kopieren benutzen, da ja gerade die Schatten, welche das reliefartige Vorspringen aller Teile hervorrufen, auf der Kopie weiß und umgekehrt die lichten Teile dunkel erscheinen und so die Plastik umkehren würden.

Deshalb ist Alexander darauf gekommen, von Platte III nochmals ein Dianegativ anzufertigen, indem er gegen die Schichtseite von Platte III die Schichtseite einer weiteren Platte legt und wie üblich belichtet. So entsteht die IV. Platte, welche erst zum Kopieren benutzt wird. Die Kopien entsprechen dann in ihrer Schattierung, in ihrer Reliefwirkung ganz der III. Platte, dem Diapositiv, sie sind in diesem Sinne ein verstärkt plastisches perspektivisches Röntgenbild. Vgl. Fig. 143, Handbild von Béla Alexander.

II. Teil.

Die praktische Verwendung der Röntgenstrahlen in der Medizin.

A. Röntgenographie und Röntgenoskopie.

Normale Verhältnisse.

Im ersten Teil haben wir uns eingehend unterrichtet über das Röntgeninstrumentarium und über die Mittel und Wege, gute Aufnahmen herzustellen und die Durchleuchtung in vorteilhafter Weise vorzunehmen. Ausgerüstet mit diesen technischen Kenntnissen gehen wir nunmehr zu der praktischen Verwendung der Röntgenstrahlen in der Medizin über und beginnen mit einer kurzen Beschreibung des menschlichen Körpers, wie er sich uns auf dem Durchleuchtungsschirm und der photographischen Platte darstellt. Es soll im Zusammenhang betrachtet werden:

1. Kopf und Hals,
2. Brustkorb und Schultergelenk,
3. Bauch, Becken und Hüftgelenk,
4. obere Extremität,
5. untere Extremität.

Wir sind, wie wir wissen, imstande, die einzelnen Körperteile in jeder Ebene zu durchleuchten; wir können also z. B. vom Brustkorb ein Bild entwerfen, indem wir das Licht hindurchschicken von vorn nach hinten, von hinten nach vorn, von rechts nach links, von links nach rechts, von rechts vorn nach links hinten und umgekehrt usw. Wir können hier nicht alle diese möglichen Bilder durchsprechen, sondern werden im allgemeinen die einzelnen Körperregionen in den Hauptebenen betrachten, in denen am meisten Differenzierbares erscheint, ohne damit den hohen Wert der schrägen Durchleuchtungen irgendwie anzutasten.

Es ist ganz zweifellos, daß die Röntgenbilder normaler und pathologischer Körperabschnitte zu ihrer richtigen Deutung große Übung verlangen. Man muß nicht allein über die anatomischen Verhältnisse an sich aufs beste Bescheid wissen, sondern man muß vor allen Dingen lernen,

die anatomischen Verhältnisse unter den gegebenen Projektionsverhältnissen der Röntgenbilder richtig zu erkennen, vor seinem Auge plastisch zu gestalten. Man darf sich nicht begnügen mit der Draufsicht, sondern man muß es zu einer verständigen rekonstruktiven Durchsicht bringen.

Da besonders dem Anfänger diese Verhältnisse ganz neu sind, da es auch für den Geübteren immer wieder von Vorteil ist, wenn er neben seine pathologischen Röntgenbefunde recht gute und klare Normalbilder legen kann, so bringen wir im folgenden einige Abbildungen, müssen aber vor allem das Studium der gut ausgestatteten Röntgenatlanten angelegentlich empfehlen. Dieselben sind teuer, aber ihr Studium ist unerläßlich. Besonders möchte ich dafür empfehlen:

1. Den Atlas der normalen und pathologischen Anatomie von typischen Röntgenbildern aus dem Verlage von Lucas Gräfe & Sillem-Hamburg, der jetzt in 32 Einzelbänden vorliegt und ein groß angelegtes Nachschlagewerk darstellt, das einzig in seiner Art ist.

2. Den Atlas typischer Röntgenbilder vom normalen Menschen und den Atlas chirurgisch-pathologischer Röntgenbilder von Grashey-München, aus dem Verlage von Lehmann-München.

Kopf und Hals.

Beginnen wir mit dem Kopf und Hals eines Erwachsenen:

Hier kommen zunächst zwei Richtungen in Betracht, um sich ein anschauliches Bild vor Augen zu führen. Einmal legt man den Kopf der Versuchsperson samt Hals seitlich an den Schirm, resp. die photographische Platte und läßt das Licht von der entgegengesetzten Seite her den Schädel durchqueren; zweitens kann man das Gesicht des Patienten an die Platte andrücken oder ihn mit der Hinterfläche des Kopfes auf derselben aufliegen lassen. So wird man je nach Wunsch ein Bild in der frontalen oder in der sagittalen Ebene von Kopf und Hals erhalten.

Bei der queren Aufnahme wird der Kopf so gelagert, daß seine mediane Sagittalebene parallel zu Schirm oder Platte verläuft. Zu diesem Zwecke legen wir eine leichte Wattepolsterung unter den der Platte aufliegenden Gesichtsschädel, während der Brennpunkt der Röhre senkrecht steht über dem oben freiliegenden äußeren Gehörgang. (Technik: Fokusplattenabstand 45—50 cm, Röhre mittelhart 6 W, Expositionszeit bis 90 Sek[1]).)

Um wenigstens die knöchernen Verhältnisse genauer beschreiben zu

[1]) Abkürzungen: FPA = Fokusplattenabstand; R = Röhre; EZ = Expositionszeit; bei dieser und allen folgenden Expositionszeitangaben ist immer die gewöhnliche Zeitaufnahme gemeint. Für Schnellaufnahmen ist die 0 zu streichen, also in diesem Falle 9 Sekunden zu rechnen.

können, betrachten wir das nebenstehende Röntgenbild (Fig. 144), das von einem skelettierten Schädel in Seitenlage hergestellt ist, und die spätere Fig. 183, S. 298.

Rings den knöchernen Schädel umgebend und am Hals breit anliegend, sieht man die Weichteile sich wie einen leichten Schatten von den Knochen abheben. Über das Schädelgewölbe zieht eine dünne Schicht,

Fig. 144.



Skelettierter Schädel.

gebildet von der Haut und Galea aponeurotica. Von dem Gesichtsschädel heben sich die Weichteile der Nase, der Lippen und des Kinns sichtbar ab, am Nacken kann man aufs genaueste die Haut und Fettschicht von der dicken, derben Lage der Nackenmuskulatur und dem Ligamentum nuchae unterscheiden.

Am knöchernen Schädel, der auf dem Schirm, entsprechend seiner größeren Dichte als mächtiges, dunkles Gebiet, auf der photographischen Platte als große, helle Fläche imponiert, lassen sich bei eingehendem Studium viele Einzelheiten differenzieren. So sehen wir hinten unten

die Protuberantia occipitalis externa vorspringen, vorn erscheint eine der Stirnhöhlen als ungefähr dreieckiger Raum, direkt unter derselben sieht man in leichtem Bogen die obere Begrenzung der Augen und Nasenhöhle nach hinten ziehen, übergehend in das Keilbein. Die Keilbeinhöhle ist gut sichtbar, vorn gegen die Nasenhöhle begrenzt von dem Knochenschatten der Vorderfläche des Keilbeins mit der Crista sphenoidalis, nach hinten in das Hinterhauptsbein endigend. Ferner fällt ins Auge der Schatten des Schläfenbeins, in seiner Mitte der helle, busennadelknopfgroße äußere Gehörgang und hinter diesem der Processus mastoideus, der seine Hohlräume bei einer guten Aufnahme wohl erkennen läßt. Der

Fig. 145.



Kiefergelenk.

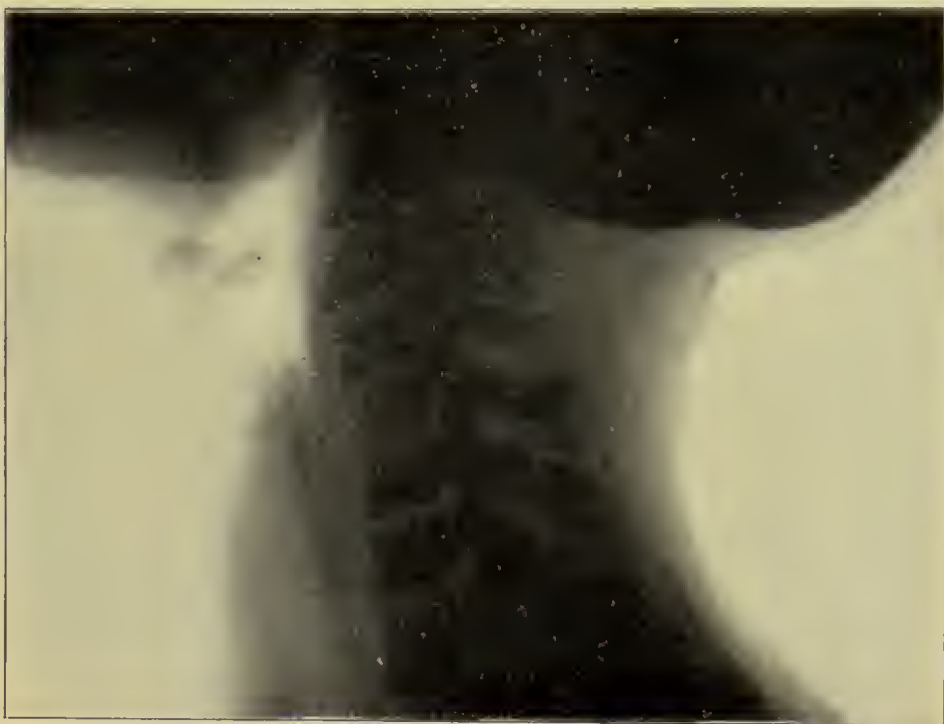
Schuppenteil ist gleichfalls etwas lichter, nach vorn sieht man den Jochfortsatz verlaufen. Am Gesichtsschädel springen oben die Nasenbeine vor. Vom Oberkiefer wird ein deutliches Bild entworfen, in sich fassend den hellen, etwa viereckigen Raum der Highmorshöhle. Der Processus nasalis, der harte Gaumen, der Processus alveolaris mit seinen Zellen und Zähnen, der Übergang in das Jochbein zeigt sich dem aufmerksamen Beobachter. Gleich deutlich liegt vor uns der Unterkiefer mit dem Foramen mentale, der Protuberantia mentalis, der Linea obliqua externa, dem Unterkieferwinkel, mit seinen Zähnen und seinen zwei Fortsätzen.

Um das Kiefergelenk ganz frei von deckenden Knochennebenschatten darzustellen, legen wir den Kopf mit der Kiefergelenksgegend fest auf eine kleine Platte 9 : 12 oder 13 : 18. Dabei wird der Mund durch einen zwischen die Schneidezähne gebrachten Kork so weit

als möglich geöffnet erhalten. Der Fokus der Röhre steht senkrecht über einem Punkt etwa $1^1/_2$—2 cm vor dem der Röhre zugewandten Kiefergelenk. Wir erhalten dann ein Bild, wie es die Fig. 145 in allen Einzelheiten zeigt. (FPA 40—45 cm, R 5—6 W, EZ bis 90 Sek.)

Wie die Lippen, so erscheinen beim genauen Zusehen auf dem Schirm die Zunge, das Gaumensegel, der Rachen und der Kehldeckel. Am Hals vorn unterscheiden wir die Haut-, Fett- und Muskelschicht, das Zungenbein und den Kehlkopf; das Zungenbein als dunklen, den Kehlkopf und die Luftröhre als helleren Schatten. An den Halswirbeln kann man den

Fig. 146.



28 Jahre alte Patientin; normale Kehlkopfaufnahme. Halswirbelsäule, Brustbein, dem Alter entsprechend geformt. Trachea gerade aufsteigend, gut ausgeprägt, erweitert sich oben zur Kehlkopfhöhle. Sinus morgagnii groß, geräumig, beginnende Verknöcherung an der Aryknorpelgegend, dem Alter entsprechend, Epiglottis, Zungenbein normal und deutlich.

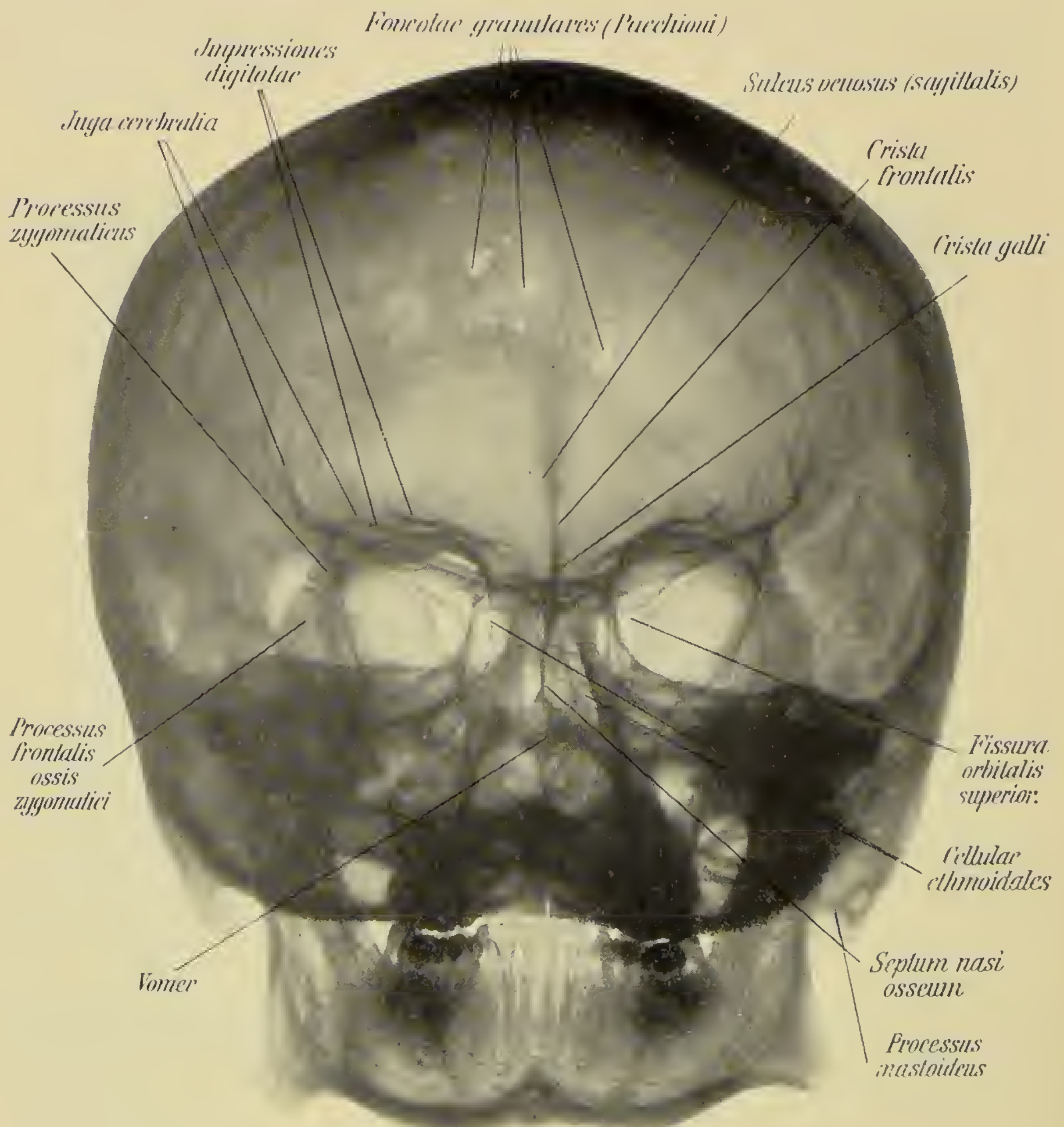
Körper, die Gelenk-, Quer- und Dornfortsätze verfolgen, ferner die Zwischenwirbellöcher. Vor den Wirbelkörpern zieht als kräftiger Schatten abwärts das Ligamentum longitudinale anterius.

Zur seitlichen Aufnahme des Halses und der Halswirbelsäule liegt der Patient rein seitlich auf der 13:18-Platte; der Kopf und Hals werden auf ein genügend hohes Polster gelagert, damit die unten liegenden Schulterpartien Platz haben, und zwar ist der Kopf weder nach hinten noch nach vorn geneigt. Sollen die oberen Halspartien (Epistropheus) dargestellt werden, steht der Fokus senkrecht über einem Punkt fingerbreit unterhalb des Processus mastoideus; handelt es sich um die mittleren Halspartien, liegt der Einstellpunkt noch zwei Finger breit tiefer. (FPA 40—45 cm, R 5—6 W, EZ bis 90 Sek.)

Die besten Halsaufnahmen stammen von Thost-Hamburg und sind im Sitzen des Patienten mit der Oehlecker-Roeper-Kassette hergestellt (die Kassette hat einen Schulterausschnitt). Fig. 146 zeigt solche Aufnahme.

Nachdem wir uns so einen Durchblick quer durch Kopf und Hals

Fig. 147.



Skelettierter Schädel.

verschafft haben, gehen wir zu den Aufnahmen in sagittaler Richtung über.

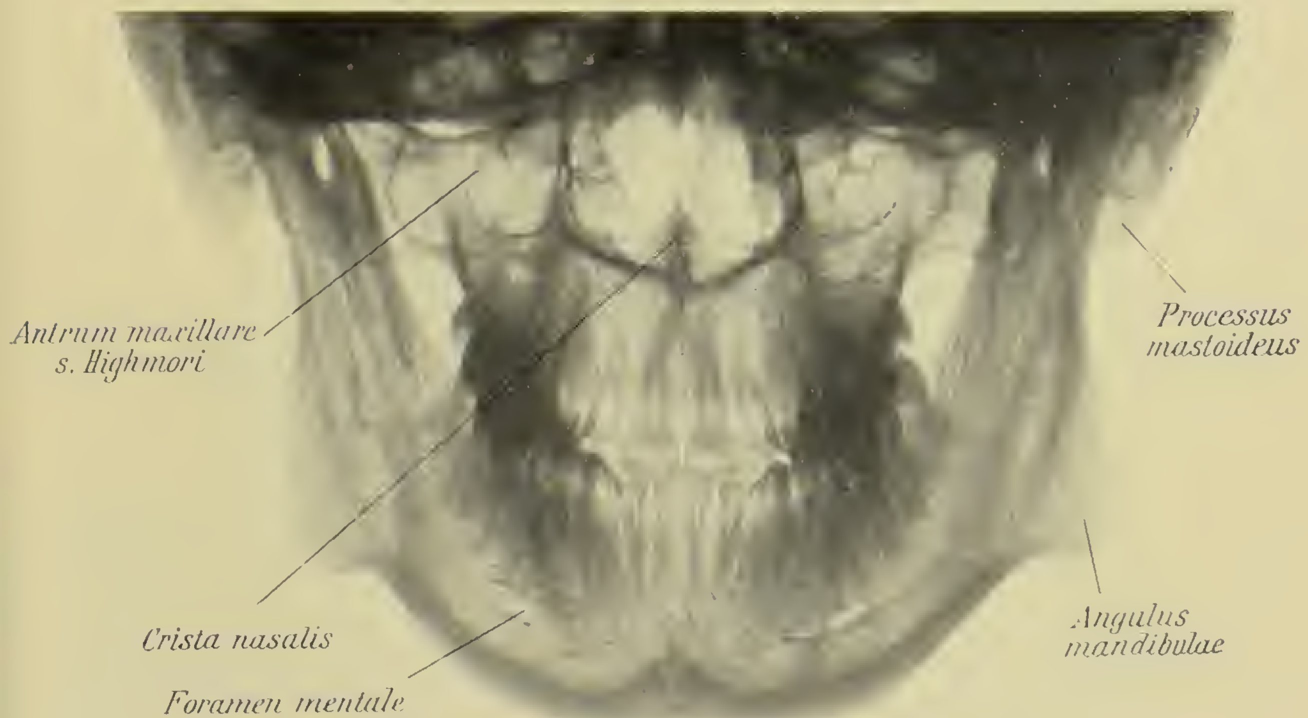
Zur Differenzierung der einzelnen Teile des Gesichtsschädels liegt der Patient auf dem Bauch derart, daß Stirn und Nase direkt der Platte aufliegen; die Jochbeinpartien werden beiderseits durch leichte Wattepolster gleichmäßig unterstützt. Handelt es sich um eine möglichst unverzerrte freie Aufnahme der Stirnhöhlen und der Augen-

h ö h l e n, so muß der Fokus senkrecht über der Protuberantia occipitalis stehen.

Wollen wir dagegen die N a s e n h ö h l e n u n d d i e O b e r k i e f e r t e i l e mit den Highmorshöhlen gut darstellen, so wird der Fokus senkrecht über die Mitte der Lambdanaht (also ein bis zwei Finger breit unterhalb des Haarwirbels) gestellt. (FPA 40—50 cm, R 6 W, EZ bis 90 Sek.)

Einen Gesichtsschädel bei ersterer Einstellung, d. h. besonders auf die Augenhöhlen, zeigt die Fig. 147, mit zweiter Einstellung auf die Highmorshöhle die Fig. 148.

Fig. 148.



Unterer Gesichtsschädel — skelettiert.

Um die obersten Halswirbel aufzunehmen, liegt der Patient mit rückwärts geneigtem Kopf auf einer Platte 9 : 12 oder 13 : 18. Der Fokus steht senkrecht über dem durch ein Korkstück möglichst weit geöffneten Munde. Die Platte zeigt dann in der Mitte den Zahn des Epistropheus; beiderseits davon die Querfortsätze des Atlas und die Gelenke zwischen Atlas und Epistropheus. Mitunter läßt sich auch der Atlas gegen das Hinterhaupt abgrenzen.

F r i t z s c h e führt zur Darstellung des Epistropheuszahns einen Film in den Nasenrachenraum, drückt ihn der Wirbelsäule an und röntgenographiert vom Nacken her.

Die mittleren und unteren Teile der Halswirbelsäule können wir in Rückenlage oder in Bauchlage des Patienten aufnehmen. Im ersteren Falle liegt die Rückseite des Halses auf der Platte, während der Patient den Kopf leicht rückwärts neigt. Der Fokus steht dabei senkrecht über den mittleren unteren Halspartien. Bei Bauchlage hängt der gut unter-

stützte Gesichtsteil des Kopfes über ein Kissen, die vorderen Halsteile liegen auf der Platte, und der Fokus steht senkrecht ein bis zwei Finger breit oberhalb des 7. Processus spinosus.

Neben den beiderseitigen Weichteilmassen präsentieren sich die Wirbelkörper recht gut. In der Mitte zwischen je zwei Wirbelkörpern sieht man die Schatten der Dornfortsätze, seitlich gehen die Querfortsätze ab; im mittleren Bereich der Wirbelkörper zieht die Schattenhelle der Trachea nach unten; genauere Einzelheiten zeigt die Fig. 149.

Fig. 149.



Halswirbelsäule.

Beim Schädel des Neugeborenen, der die anatomischen Verhältnisse ganz außerordentlich schön wiedergibt, ist die Einsicht in das Felsenbein und das Innere des Ohres sehr deutlich. Man kann sogar die Bogengänge und die Schnecke klar zur bildlichen Darstellung bringen. Über die normalen Verknöcherungsverhältnisse wird in dem Abschnitt für Anatomie und Physiologie des näheren berichtet werden.

Wir kommen jetzt zur Betrachtung des menschlichen Rumpfes und beginnen mit den bildlichen Verhältnissen

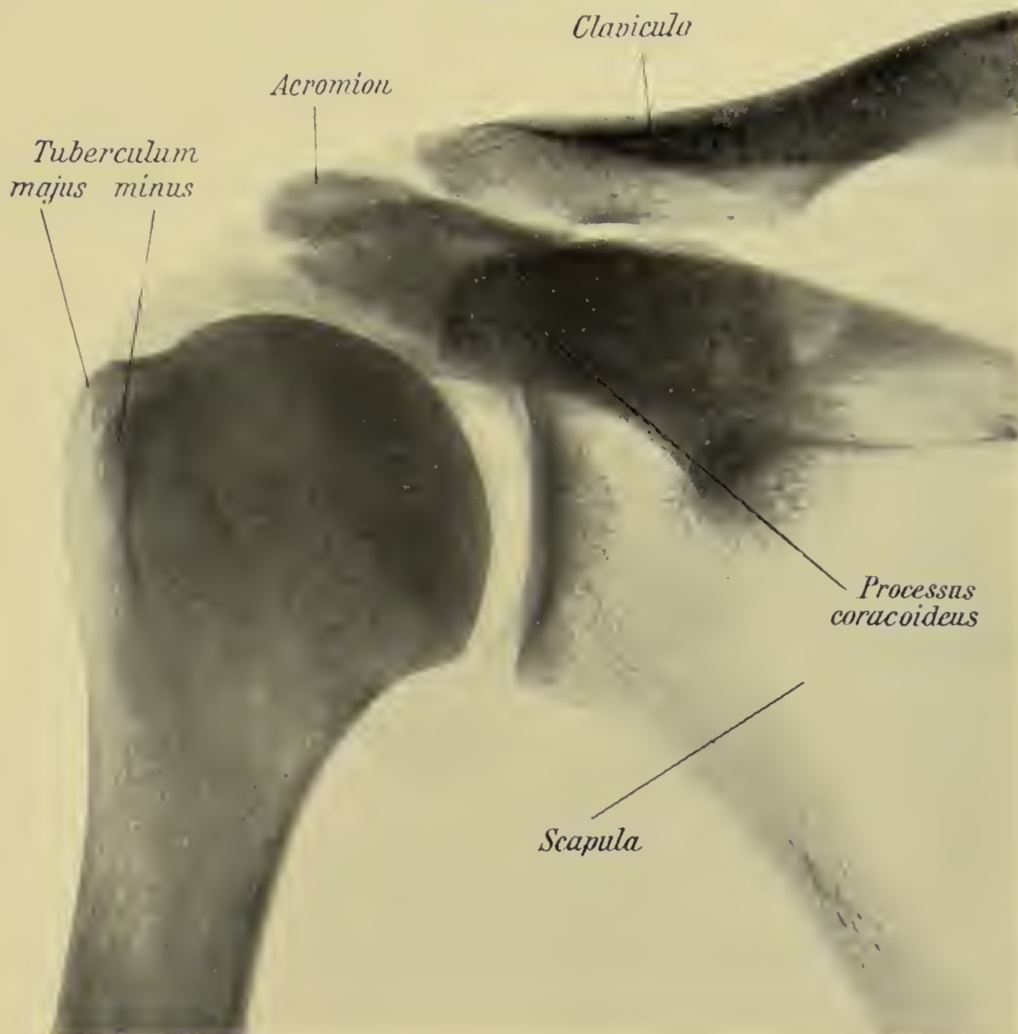
des Brustkorbes und Schultergelenks.

Wie beim Schädel die seitliche Durchleuchtung die Hauptrolle spielte, so hier entsprechend den anatomischen Verhältnissen die Durchleuchtung und Röntgenographie in sagittaler Richtung. Die seitliche Durchmusterung des Brustkorbes kommt hauptsächlich in Betracht, wenn sich der Beschauer

über die Herzverhältnisse in der Ausdehnung von vorn nach hinten orientieren will. Je nachdem wir die der vorderen oder hinteren Brustwand angehörenden oder naheliegenden Teile zu sehen wünschen, werden wir einmal das Licht von der Rückenseite herschicken, das andere Mal von vorn und dementsprechend die Brustseite oder die hintere Fläche des Thorax dem Schirm und der photographischen Platte anlegen.

Die schrägen Durchstrahlungen sind in allen den Fällen wichtig,

Fig. 150.



Schultergelenk.

wo es heißt, die Wirbelsäule und die Organe des Mediastinums getrennt zur Anschauung zu bringen.

Vom Schultergelenk erhalten wir im allgemeinen das beste Bild bei Rückenlage des Patienten auf einem leicht schräg ansteigenden Kissen. (FPA 50—55 cm, R 6 W, EZ 60—90 Sek.) Vorher muß man sich klar machen, worauf es bei der Aufnahme besonders ankommt, ob z. B. auf die Ränder der Cavitas glenoidalis oder auf den Gelenkspalt oder auf irgend einen Teil in der Zirkumferenz des oberen Humerusendes. Wollen wir das Gelenk selbst möglichst ohne Überlagerung darstellen, so kommt der Fokus senkrecht über einen Punkt, der etwa in der Mitte zwischen

Schultergelenk und Brustbein liegt. Handelt es sich mehr um die Darstellung der Ränder der Cavitas glenoidalis, so muß der Fokus senkrecht über einem Punkte stehen, der fingerbreit unterhalb des Processus coracoideus liegt. Am richtigsten ist es für jeden Fall, die beste Projektionsrichtung im Hinblick auf den Schultergürtel eines Skeletts zu bestimmen.

Wir sehen dann auf einem guten Bilde das komplizierte Ineinandergreifen der knöchernen Schultergürtelteile mit plastischer Deutlichkeit. Oben quer über die Brust verläuft leicht S-förmig gebogen das Schlüsselbein. An der Grenze des mittleren und äußeren Drittels springt eine Verdickung nach oben und unten vor, entsprechend dem Ansatz des Ligamentum acromio- und coraco-claviculare (Processus cleido-coracoideus). In seiner ganzen Ausdehnung läßt sich das Schulterblatt übersehen. wie es die Rückenhälfte oben außen dreieckig deckt. Fast parallel mit der Clavicula läuft die Spina scapulae, lateral in das Akromion endigend, zwischen diesem und dem Schlüsselbein entsteht meist ein ziemlich breiter Gelenkknorpelspalt. Seitlich, halb verdeckt durch den Schatten der Spina scapulae verläuft flach konkav die Gelenkfläche. an die sich der Humerus anlegt. Medianwärts hiervon sehen wir zwischen Clavicula und Spina den dunklen Schatten des Processus coracoideus. Entsprechend seiner größeren Dicke ist das Bild des Schulterblattes lateral dunkler, sich nach unten und medianwärts allmählich aufhellend. Vom Oberarm legt sich der Gelenkkopf in die Cavitas glenoidea, zwischen sich und ihr einen gleichmäßig schmalen, aber deutlichen Gelenkknorpelspalt als Schattenhelle lassend. Der anatomische Hals zeichnet sich in seinem geschlängelten Verlauf, das Tuberculum minus und majus lassen sich differenzieren.

Die Durchleuchtung des Brustkorbs ist besonders interessant, weil man hierbei die in so verschiedenartiger Bewegung begriffenen Teile gleichzeitig auf dem fluoreszierenden Schirm in Augenschein nehmen kann (FPA 50—60 cm, R 5—6 W, EZ bis 150 Sek.). Liegt der Rücken des Patienten dem Beschauer zugewandt, resp. auf der photographischen Platte, so bekommen wir das Bild der Brustwirbelsäule und der hinteren Rippenpartien, allerdings in der Mitte durch die Vorlagerung des Sternums, des Herzens und der großen Gefäße nur bei bester Aufnahme gut differenziert. Günstiger liegen die Aufnahmebedingungen, wenn man den Patienten von rechts vorn schräg nach links hinten durchstrahlt; bei dieser Projektion fällt der Schatten des Herzens und der großen Gefäße neben den der Wirbelsäule und des Abgangs der Rippen. Wir sehen auch hier die einzelnen Wirbelkörper mit ihren Fortsätzen und Zwischenwirbelscheiben und von den Wirbelkörpern die Rippen mit ihrem Capitulum, Collum und Tuberculum entspringen; inmitten der oberen fünf Brustwirbel konstatieren wir wieder die Schattenhelle der Trachea.

Die Rippen ziehen in leichtem Bogen zur Seite und nach unten, während der diffuse, nur angedeutete Schatten der vorderen Rippenteile das Brustbild in umgekehrter Richtung durchquert.

Durchstrahlen wir dagegen den Patienten von der Rückenseite her, ergibt sich ein klareres Bild der vorderen Rippenabschnitte, besonders wenn schon eine gewisse Verkalkung der knorpeligen Teile vorhanden ist, und des der vorderen Brustwand nahe gelegenen Herzens (FPA 50—60 cm, R 5—6 W, EZ bis 100 Sek.). Von der Wirbelsäule wird infolge der vorliegenden großen Gefäße, des Herzens und des leichtschattigen Brustbeins, und besonders wegen seiner großen Entfernung durch den ganzen Thorax ein ganz undeutliches Bild entworfen.

Um das Sternum und die Sternoclavikulargelenke aufzunehmen, liegt die Platte der vorderen Brustwand an; die Röhre steht am besten rechts hinten, eventuell links hinten, je nachdem man den linken oder den rechten Sternalteil der Clavicula mit abbilden will.

Die Lungen präsentieren sich als durchsichtigere Partien und lassen sich bis zu ihren Spitzen hinauf oberhalb der Schlüsselbeinschatten auf beiden Seiten gleich gut verfolgen. Auf der rechten Seite reiht das Lungenbild nach unten bis hinab zum Zwerchfell, mit einem besonders hellen Bezirke an dieses und die dunkle Lebermasse angrenzend. Recht licht erscheinen die mittleren Lungenpartien (vgl. Fig. 167, S. 278). Auf der linken Seite ist der mittlere untere Teil der Lunge von dem Herzschatten verdeckt, doch kann man auch hier die Lunge gegen das Zwerchfell besonders seitlich, aber auch unterhalb des Herzschattens genau abgrenzen. Bei jeder Inspiration dehnt sich der Brustkorb nach allen Seiten aus, die einzelnen Rippen entfernen sich voneinander, das Zwerchfell mit seinen beiderseitigen Kuppeln flacht sich entsprechend ab.

Bei Übersichtsaufnahmen der Lungen und des Herzens liegt der Patient mit der Brustfläche der Platte an und die Röhre ist auf die Mitte der Platte zentriert; es liegt dann der Dornfortsatz des 6. Brustwirbels in der Lichtachse (FPA 50—60 cm, R 5—6 W, EZ 60 Sek.).

Lungenspitzenaufnahmen machen wir gewöhnlich in Rückenlage des Patienten, und zwar liegen der Kopf und die oberen Thoraxteile auf einem schräg ansteigenden Keilkissen. Der Fokus steht senkrecht über der Mitte der Incisura jugularis.

Wie schon erwähnt, bekommen wir vom Herzen das beste Röntgenbild, wenn wir die Versuchsperson von vorn betrachten, da ja das Herz der vorderen Brustwand viermal näher liegt als der hinteren. Die Herzfigur erscheint etwa dreieckig, dem Zwerchfell breit aufliegend, sich nach oben und der Mitte zu in leicht konvexen Bogen verjüngend. Rechts erreicht der Herzschatten die Parasternallinie nicht ganz. Während wir auf der photographischen Platte die Randpartien des Herzens infolge

seiner fortwährenden Bewegung außer bei Momentaufnahmen verwaschen bekommen, erhalten wir auf dem Schirme scharf abgegrenzte Bilder desselben. Wir können außer seiner Größe, Form und Lage die einzelnen Kontraktionen in ihrer Größe und Ausdehnung, ihrer Regelmäßigkeit und Exaktheit beobachten und miteinander vergleichen. (Genaueres siehe in dem Kapitel über Anatomie und Physiologie S. 274 ff.)

Während in der allerersten Zeit die Röntgenographie des

B a u c h e s, B e c k e n s u n d d e r H ü f t g e l e n k e

wegen der wenig intensiven Lichtverhältnisse nur wenigen glückte, werden jetzt nicht allein von Kindern und dünneren Personen, sondern auch von Erwachsenen und Wohlbeleibten gute und brauchbare Bilder allgemein hergestellt, wenigstens soweit es sich um die knöchernen Bestandteile dieser Regionen handelt. Auch die Darstellung der inneren Teile hat sich immer mehr vervollkommnet. Dem Zwerchfell auf der rechten Seite nach unten anliegend sehen wir den ausgebreiteten Schatten der Leber. Wenn dieselbe auch in einer Reihe von Fällen nach unten zu nicht scharf abzugrenzen ist, können wir in anderen Fällen die untere Grenze ganz gut erkennen, besonders bei dünneren Personen und Aufnahmen, die in Bauchlage des Patienten hergestellt sind; vor allem, wenn man sich des Kunstgriffes der schrägen Projektion von hinten oben nach vorn unten von A l b a n K ö h l e r bedient, wenn also die Röhre nicht in Leberhöhe postiert wird, sondern so, daß sich der 6.—7. Brustwirbel in der eigentlichen Lichtachse befindet (FPA 50—60 cm, R 6—7 W, EZ bis 120 Sek.).

Auf der linken Seite des Abdomens sieht man bei wohlgelungenen, besonders Kinderaufnahmen die Milz meist nach außen konvex, mondsichelförmig. Zwischen der Milz und der Leber verläuft ganz selten auf dem Röntgenogramm ein schmaler, strangartiger Schatten, der als Pankreas anzusehen ist, und oberhalb davon reicht bei den meisten Aufnahmen bis unter die Herzspitze eine hellere Partie, die der oberen Gasblase des Magens entspricht. Auch auf dem Schirmbild sieht man diesen helleren Bezirk, bald größer, bald kleiner von rundlicher Form.

Von den Nieren gibt es gute Röntgenbilder bei Rückenlage der Person. Wir können die rechte Niere am besten abbilden, wenn wir das Licht schräg unter der Leber, die ja den oberen, lateralen Teil derselben bedeckt, hindurchwirken lassen, indem wir die Röhre senkrecht über den oberen Beckenpartien in nicht zu großer Entfernung einstellen. Die linke Niere sieht man meist in ihrer ganzen Größe. Die Nieren erscheinen als Ovale seitlich vom 11. Brustwirbel bis zum 3. Lendenwirbel, ihre oberen Pole sind in der Regel nicht sichtbar. Doch spielt natürlich auch hier, wie bei allen Bauchaufnahmen, die Dicke des Individuums eine große Rolle (FPA 35—40 cm, R 6 und 7 W, EZ 60—120 Sek.).

Während man beim Neugeborenen die Leber in ihrer ganzen Größe und Ausdehnung sehr gut überblicken kann, fehlen im allgemeinen die Schatten der Milz und der Nieren; hingegen läßt sich der gasgefüllte Darm in seinen Schlingungen aufs schönste erkennen, wie aus umstehender Fig. 151 hervorgeht.

Vom Darm des Erwachsenen ist ohne Kontrastfüllung bis auf das Colon ascendens und descendens meist recht wenig zu unterscheiden. Tiefere Schatten, die hier beobachtet werden, rühren von den verschiedenen Füllungszuständen des Darmes, Kotballen usw. her. Mitten durch das Abdomen hindurch zieht auf dem Röntgenogramm die Lendenwirbelsäule. Ihr Bild gelingt selbst bei korpulenten Personen sehr gut, nachdem sie ordentlich abgeführt haben. Durch den Schatten der Leber, noch schöner auf der linken Seite kommen regelmäßig die unteren drei bis vier Rippen zur Darstellung. Vom 12. Brustwirbel zieht spitzwinklig nach abwärts der Musculus psoas, zwischen seinem oberen seitlichen Rande und den Nieren einen schmalen Durchblick gestattend (vgl. Fig. 189, S. 309).

Die Darstellung der unteren Lendenwirbelsäule und des Kreuzbeins hat niemals Schwierigkeiten gemacht, außer bei ganz dicken Personen. Die Platte liegt unter diesen Partien, die Röhre (eventuell mit Kompressionsrohr) steht senkrecht darüber. Wir sehen die Wirbelkörper und die Zwischenwirbelscheiben; seitlich gehen die Querfortsätze ab. Die Processus spinosi liegen in der Mitte schmal lanzenspitzenförmig. Die Bogen und Gelenkfortsätze erscheinen dunkler und lassen immer hellere, rund-bohnenförmige Stellen zwischen sich (FPA 40—45 cm, R 7—8 W, EZ 60—120 Sek. bei entleertem Darm).

Vom knöchernen Becken kann man so gut wie alle Teile übersehen. In der Mitte liegt das Kreuzbein, es zeigt die Foramina sacralia und die einzelnen untereinander verwachsenen Wirbel durch hellere Streifen getrennt. Die Massae laterales fallen zusammen mit den medialen Teilen des Darmbeins, in der Mitte kann man mitunter den Canalis sacralis unterscheiden, zu beiden Seiten begrenzt von den tieferen Schatten der Cristae sacrales, die nach unten als Cornua sacralia endigen; auch das Steißbein fehlt nicht als Abschluß. Wir überblicken die Darmbeinschaufeln mit der Spina anterior superior und inferior, mit den beiden Spinae posteriores, die Symphysis sacro-iliaca, das Os ischii und Os pubis; ferner die Bandmassen, welche das Kreuzbein bekleiden, die Ligamenta spinoso-sacra und tuberoso-sacra, wie sie das Foramen ischiadicum majus und minus bilden; das Foramen obturatum, die Symphysis ossium pubis, welche, je nach dem Alterszustande, einen mehr oder minder breiten Knorpelspalt aufweist. Doch können wir nicht allein die Knochen an und für sich sehen, sondern wir bekommen bei genügender Übung in der Deutung der Bilder einen Einblick in die Stellung der Darmbeinschaufeln, in die jeweilige Neigung des Beckens und in die Größe des Kleinbecken-

eingangs. Stereoskopische Aufnahmen machen diese Verhältnisse noch klarer. Nur müssen wir darauf achten, bei allen Aufnahmen die Person möglichst gleich zu lagern und das Licht immer aus derselben Entfernung und von derselben Stelle her wirken zu lassen. Sehr wichtig bei den Becken-

Fig. 151.



Fötus (9. Monat).

Ich sehe davon ab, das Skelett in allen seinen Teilen genauer zu beschreiben, da sich die Verhältnisse desselben aus dem Bild selbst ergeben. Hervorheben möchte ich nur die Übersichtlichkeit in den Knochenteilen des Gesichtsschädels, ferner die klare Zeichnung des Felsenbeins und der Stirnhöhlen. Entsprechend der großen und kleinen Fontanelle sieht man Einbuchtungen am Schädeldach. Außerordentlich klar sind die Schatten des Herzens und der Leber. Im Abdomen kann man ferner den hellen Fleck des Magens, das aufsteigende, querverlaufende und absteigende Colon unterscheiden. Der Schultergürtel, die Wirbelsäule vom Atlas bis zum runden Knochenkern des 5. Wirbelkörpers vom Kreuzbein, das Becken mit dem Os ilei, dem Os ischii und dem Knochenkern des Os pubis sind deutlich. In der Fußwurzel sehen wir beiderseits nur einen ziemlich großen, runden Knochenkern, welcher dem Fersenbein angehört. Alle knorpligen Gelenkteile haben nur etwas angedeutete Schatten geworfen.

aufnahmen ist für uns das Bild der Hüftgelenksverhältnisse. Wir haben vor uns die tiefe Aushöhlung der Pfanne, in dunkler Schattierung präsentiert sich der obere Pfannenrand. An der Stelle, wo die Beckenknochen im Pfannengebiet zusammenstoßen, erhalten wir einen, von außen unten ein wenig nach innen oben fast wagrecht verlaufenden Spalt, der von der Durchstrahlung des Y-Knorpels resp. seines einstigen Sitzes herrührt. Der Schenkelkopf liegt ziemlich tief in der Pfanne, zwischen sich und dem Acetabulum einen halbkreisförmigen, mehr durchsichtigen Raum lassend.

Fig. 152.



Skelettiertes Becken.

Derselbe entsteht infolge der geringeren Schattenbildung der knorpeligen Hüftgelenksteile. Auch der Schenkelhals, seine Länge, seine Stellung zum Femurschaft, der Trochanter major und minor und die Knochenleiste zwischen den beiden kommen klar zur Erscheinung. Selbst die Knochenstruktur kann heute an allen diesen Teilen bei gut gelungenen Bildern gesehen werden.

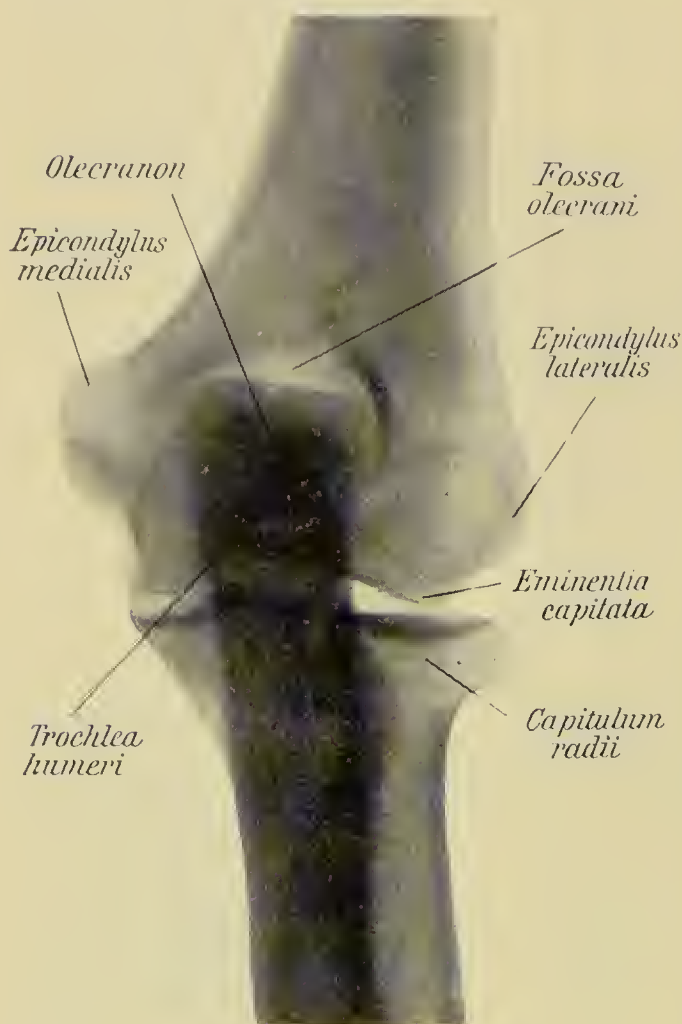
Daß auch die Weichteile auf einer guten Röntgenaufnahme des Beckens mit plastischer Deutlichkeit darzustellen sind, erweist die Fig. 227, S. 363.

Über die Lagerung des Patienten und die Einstellung der Röhre erfahren wir noch das Nähere in den Kapiteln über die Nieren- und Blasenaufnahmen, sowie über die Hüftgelenkserkrankungen (FPA 40—50 cm, R 5, 6, 7 W, je nach der Dicke; EZ 45—120 Sek.).

Obere Extremität.

Es interessieren uns hier in der Hauptsache, wie beim Schädel, die knöchernen Bestandteile, wenn wir auch von den Weichteilen die Fett- und Hautschicht von der Muskelschicht gut unterscheiden können. Noch in höherem Grade als bei den Durchleuchtungen des Rumpfes ist hier ein schneller Durchblick in allen nur denkbaren Richtungen möglich, so daß wir die Oberfläche des Knochens allseitig gewissermaßen mit dem Auge absuchen können. Das proximale Ende des Humerus mit dem Tuberculum majus und minus, mit dem Collum anatomicum und dem Caput humeri haben wir bei der Beschreibung des Schultergelenks bereits besprochen. Am Schaft des Oberarmbeins ist nichts weiter zu bemerken, als daß wir bei gut durchgearbeiteten Bildern und auch auf dem Schirm, wie bei allen Röhrenknochen, die kompakte Substanz recht gut gegen den Markraum abgrenzen können. Der Markraum erscheint annähernd so breit als die Kompakta zu beiden Seiten, nach oben hin kann man denselben bis etwa handbreit unterhalb des Humeruskopfes verfolgen, distalwärts bis fingerbreit oberhalb der Fossa olecrani, mit anderen Worten, fast seiner ganzen anatomischen Ausdehnung entsprechend.

Fig. 153.



Das Ellbogengelenk zeichnet sich besonders instruktiv, wenn man den Oberarm mit seiner inneren Fläche und den Vorderarm in pronierter Stellung lagert. Wir sehen die leichte Abbiegung des Gelenkteils am Oberarmbein nach vorn, die Fossa olecrani und oberhalb derselben die leichte Verdickung der hinteren kompakten Substanz. Capitulum und Trochlea humeri fallen annähernd in einen kreisförmigen Schatten; die vordere Hälfte dieses Schattenkreises springt unterhalb der Fossa coronoidea gegen den Humerus vor. Das Olekranon, der Processus coronoideus und die Incisura semilunaris der Ulna, desgleichen das Capitulum radii und die

Tuberositas desselben liegen deutlich vor uns; ebenso der Gelenkknorpelspalt fast in seiner ganzen Länge (vgl. Fig. 213, S. 345).

Wenn das Ellbogengelenk bei supiniertem Vorderarm samt dem Oberarm mit der Streckseite der Platte aufliegt, überblicken wir (Fig. 153) die beiden Epicondyli, das Capitulum und die Trochlea humeri. Durch die dünne Humeruspartie, entsprechend den beiden sich deckenden Fossae, dringt der Schatten des Olekranons kräftig hindurch. Auch inmitten der Ulna und des Radius läuft der Markraum als hellere schmale Zone, besonders licht erscheint oft die Spongiosa des Olekranons in ihrem Übergange in die Markhöhle[1]) (FPA 30—35 cm, R 5 W, EZ 30—90 Sek.).

Fig. 154.



Frontaler Schnitt durch die Mitte des Kniegelenks nach Wollenberg (links medialer Condylus).

Das Handgelenk (vgl. Fig. 143, S. 245) zeigt alle seine Einzelheiten, den Processus styloideus radii und ulnae, die acht Handwurzelknochen: die Metakarpalknochen und die verschiedenartigen zahlreichen Gelenkspalten zwischen denselben. Zu bemerken ist, daß die Schatten des Os triquetrum und pisiforme fast vollkommen übereinander fallen, daß die Schatten des Multangulum majus und minus sich etwa zur Hälfte decken. Ein kleiner ovaler Schatten in dem des Hakenbeins rührt von seinem Hamulus her. Die Metakarpalköpfchen weisen regelmäßig bei den Handaufnahmen in ihrer Mitte eine hellere Partie auf. Am Metakarpophalangealgelenk des Daumens liegen ein oder mehrere Sesambeine. Die Phalangen der Finger, ihr innerer Bau und ihre Gelenkverbindungen geben das beste und am leichtesten herzustellende Bild des ganzen Körpers. An den Fingerspitzen prägt sich die Tuberositas unguicularis, desgleichen das Bild der Fingernägel ab.

Untere Extremität.

Dieselbe steht bezüglich der Klarheit der Bilder trotz ihrer dickeren Weichteile nicht im geringsten der des Armes nach. Der Femurschaft läßt sich in allen Ebenen betrachten. Das Kniegelenk gibt ganz vorzügliche Bilder. Bei seitlicher Durchleuchtung (Fig. 209, S. 337 und Fig. 247, S. 418),

[1]) Vgl. die topographische Anatomie der oberen Extremitäten von Dr. W. Jedlika, Kratzenstein, Scheffer, Hamburg 1900, Lucas Gräfe & Sillem.

wenn z. B. die äußere Seite des Kniegelenks auf die Platte oder an den Schirm gelagert ist, sehen wir zunächst den Condylus lateralis und ihn gleichmäßig umgebend den etwas helleren Schatten des Condylus medialis, der vergrößert und lichter erscheint, da er der Platte nicht so nahe anliegt. Die Patella schwebt in gestreckter Stellung einer dunkler markierten Partie des Femurgelenkteiles, der Facies patellaris gegenüber. Die Tibia legt sich mit ihrer Eminentia intercondyloidea zwischen die

Fig. 155.



Kondylen des Femurs, so daß ein zusammenhängender Gelenkspalt fehlt, derselbe aber immerhin durch die beiden keilförmigen hellen Einschnitte aufs genaueste gekennzeichnet ist. Auch die Menisci sind zu sehen. Am proximalen Ende der Tibia erscheint normalerweise der vordere Winkel bis zur Tuberositas und der hintere obere Winkel lichter. Das Fibulaköpfchen ist durch die Tibia hindurch zu erkennen, desgleichen der Quadriceps und das Ligamentum patellae proprium. Die Fabella, das Sesambein der hinteren Wand des Kniegelenks, ist oft darzustellen (Fig. 210, S. 338).

In der Durchsicht von vorn nach hinten erblicken wir die beiden Kondylen des Femurs und der Tibia, die Tubercula intercondyloidea, als dunkler Schatten liegt die Kniescheibe vor dem unteren Femurende ein wenig mehr nach der lateralen Seite zu. An die Tibia legt sich die Fibula an, die beide bis zum Fußgelenk hin durch einen unten schmaler werdenden Spalt getrennt sind. Auch bei der Ansicht von der Seite, besonders wenn der Unterschenkel mit seiner Außenseite die Platte berührt, sieht man das Schienbein und Wadenbein nebeneinander verlaufen (FPA 30—35 cm, R 5 W, EZ 60—120 Sek.).

Fig. 156.



Skelettierter Fuß.

Um vom Fußgelenk und Mittelfuß gleichzeitig ein anschauliches Bild zu erhalten, betrachtet man dieselben am besten von der Fußsohle aus, während der Fußrücken und der äußere Knöchel am Schirme ruhen. An der Tibia unterscheiden wir mehr nach vorn den Malleolus internus, nach hinten den Winkel, in dessen Inzisur die Fibula liegt. Unterhalb der Tibia, durch einen nach hinten breiter werdenden Gelenkspalt getrennt, erhalten wir den Talus in seitlicher Ansicht mit seiner hinteren Apophyse, an diesen schließt sich nach hinten und unten der Calcaneus an. Zwischen beiden sehen wir hinten oben den Gelenkspalt, weiter nach

vorn unten das deutlich ausgeprägte Bild des Sinus tarsi. Der Malleolus lateralis fibulae blickt durch Tibia, Talus und Calcaneus deutlich hindurch. Auch das Kahnbein und Würfelbein sind zu differenzieren, während die Keilbeine, sich gegenseitig deckend, mehr oder weniger als ein Knochen imponieren. Die Mittelfußknochen kommen nebeneinander zu liegen.

Bei der Betrachtung des Fußgelenks von vorn nach hinten erkennen wir das untere Tibiaende mit dem inneren Knöchel und das untere Fibulaende mit dem äußeren Knöchel, zwischen beiden der obere Gelenkteil des Sprungbeins. Setzen wir bei stärkster Plantarflexion den Fuß mit

Fig. 157.



der Sohle auf die Platte bei Belichtung von vorn oben, so bekommen wir ein gutes Bild der Phalangen, der Mittelfuß- und der Fußwurzelknochen, außer Talus und Calcaneus. Fast regelmäßig können wir am Köpfchen des ersten Metatarsalknochens ein oder mehrere Sesambeine konstatieren (FPA 30—35 cm, R 5 W, EZ 45—90 Sek.).

Auch die Verhältnisse der inneren Architektur sind besonders schön am Talus und Calcaneus ausgeprägt. Wie bei den Phalangen, so hat man auch hier geradezu Längsschnitte der Knochen vor sich.

Setzen wir umgekehrt den Fersenteil auf die Platte bei stärkster

Dorsalflexion des Fußes und Belichtung von hinten oben (nach Settegast-Berlin), so erhalten wir ein ausgezeichnetes Bild des hinteren Calcaneusteils.

Damit haben wir das Röntgenbild der verschiedenen Körperregionen in großen Zügen beschrieben. Auf die Details einzugehen, würde zu weit führen. Derjenige, der sich mit Röntgenstrahlen des näheren befaßt hat, wird vielleicht manches vermissen, für andere, die noch neuere Jünger dieser Wissenschaft sind, wird das Gesagte als Wegweiser vollkommen ausreichen.

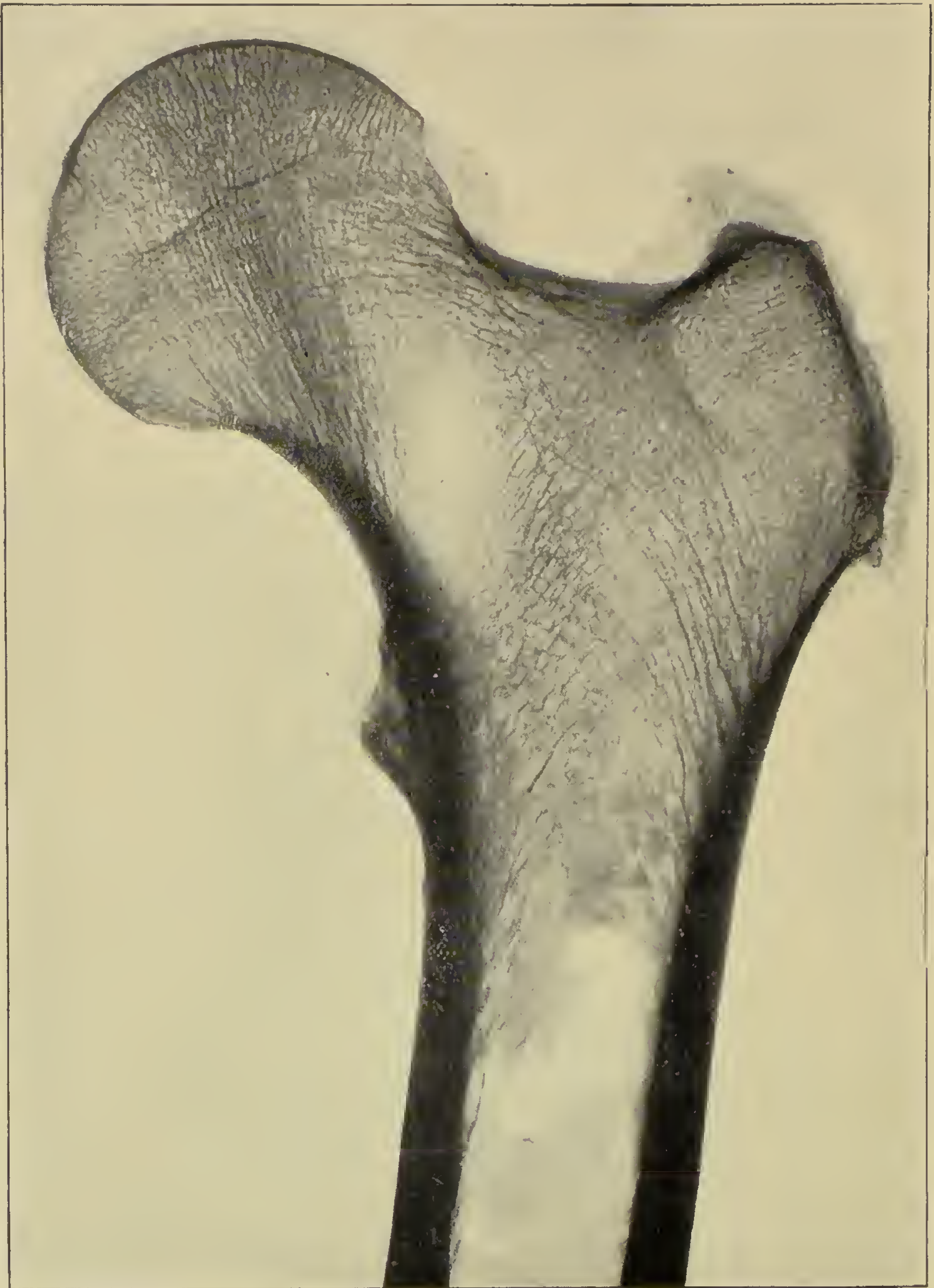
Anatomie und Physiologie.

Die Anatomie und Physiologie haben durch die Röntgenstrahlen eine wesentliche Bereicherung ihrer Untersuchungsmethoden erfahren. Sowohl der Schirm als das Röntgenogramm sind geeignet, in vielen Beziehungen überraschende Bilder zu liefern, ja in gewisser Hinsicht ganz Neues zu zeigen. Erstens ist der Anatom und Physiologe in den Stand gesetzt, am lebenden Menschen und Tier die Verhältnisse des Skeletts zu studieren. Die Gelenke und ihr interessanter Mechanismus können am Schirme aufs genaueste in Ruhe und Bewegung, in allen erdenklichen Stellungen beobachtet werden. Besonders schön und interessant ist der Einblick in die Bewegungen des Fuß-, Knie-, Hand-, Ellbogen- und Schultergelenks. Selbst das Hüftgelenk kann mit harten Röhren gut studiert werden. Die Verhältnisse der Patella zum Kniegelenk, die scheinbare Entfernung des Radius vom Humerus bei der Überstreckung im Ellbogengelenk, die Verschiebungen in den beiden Reihen der Handwurzelknochen bei Ad- und Abduktion der Hand, und viele ähnliche Beobachtungen haben zum genaueren Studium aufgefordert und eignen sich sehr gut zu Unterrichts- und Demonstrationszwecken. Aber nicht allein grob anatomisch-physiologische, auch feinere innere histologische Vorgänge und solche, die entwicklungsgeschichtlich von Bedeutung sind, lassen sich durch die Röntgenstrahlen ausgezeichnet zur Anschauung bringen. Bei dünneren Personen kann man im wahrsten Sinne des Wortes in die Knochen hineinschauen. Man sieht bei wohlgefertigten photographischen Aufnahmen die genaue Zeichnung der Spongiosa, das feine innere Maschenwerk der Knochen. Die Epiphysenlinien, die Gelenkknorpel sind deutlich in ihrem Übergang in den Knochen und in ihrer Facettierung zu erkennen. Auch die Wandungen der Röhrenknochen sind genau von dem Markraum zu differenzieren.

Ferner ist es mir gelungen, von Knochen, die der Leiche entnommen sind, vermittels des Röntgenverfahrens Bilder der inneren Architektur herzustellen, die an Feinheit und Genauigkeit der Bälkchenzeichnung, des Übergangs der Spongiosa in die Kompakta usw. nichts zu wünschen übrig lassen. Die Methode ist folgende:

Man entnimmt der Leiche den Knochen, säubert ihn mit Messer und Schere von seinen Weichteilanhängseln und sägt ihn dann je nach der Fertigkeit, die man hat, mit einer gewöhnlichen Handsäge in Scheiben

Fig. 158.



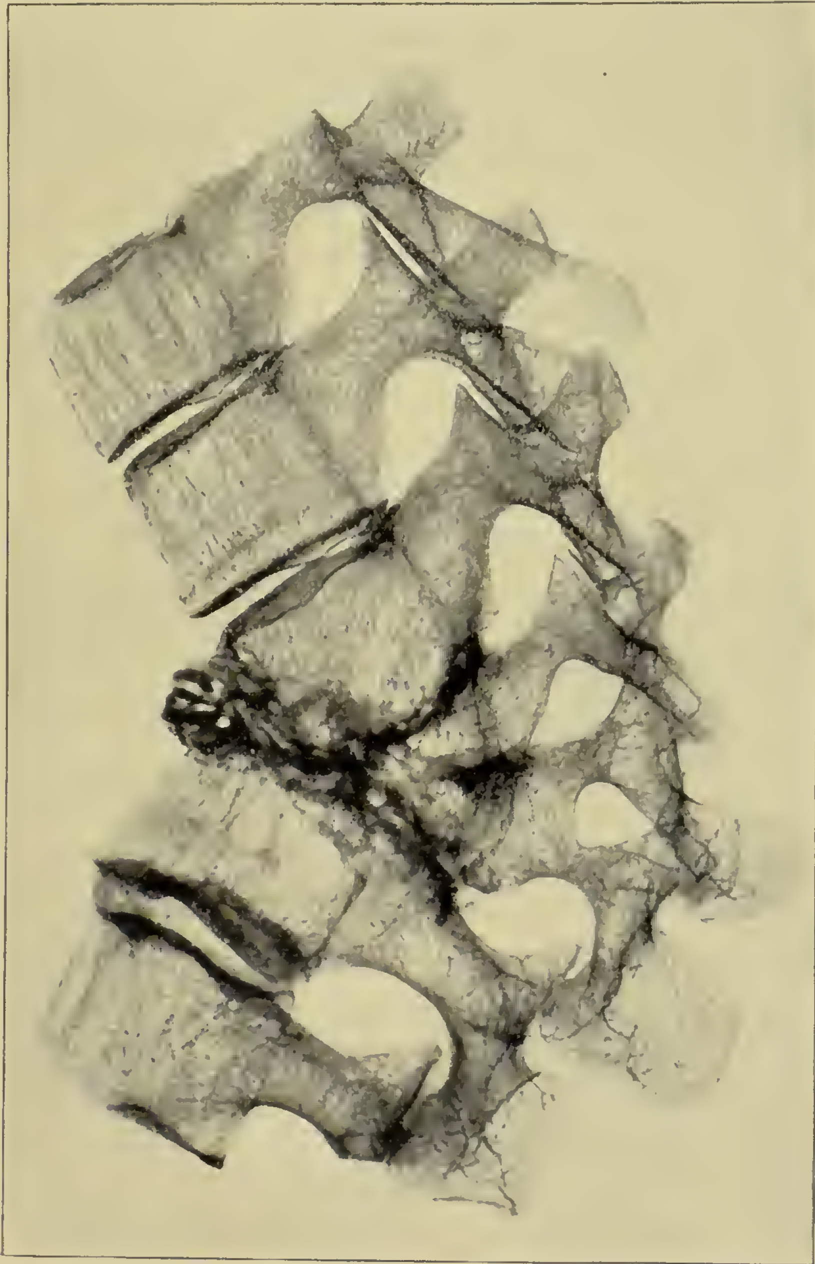
Knochenstrukturbild.

Der Knochenschnitt stammt aus dem oberen Femurende eines 50jährigen Mannes und entspricht fast genau der Mitte des Knochens. Außerordentlich klar ist die Zeichnung der Knochenspongiosa; der Verlauf der verschiedenen Bälkchensysteme kann gut studiert werden; die verknöcherte Epiphysenlinie des Kopfes ist sehr deutlich. Bei genauer Betrachtung löst sich die kompakte Substanz in einzelne Bälkchen auf, was besonders am Übergang der Kompakta in die Spongiosa in die Augen springt. Auch der knorplige Überzug des Kopfes tritt als lichterer Schatten hervor.

von der Stärke eines halben bis eines Zentimeters. Diese Scheiben bringt man unter den Wasserstrahl, um das etwa gequetschte Mark und die

kleinen beim Sägen zertrümmerten Spongiosabälkchen oberflächlich abzuspülen. An den Stellen, wo in den Röhrenknochen nur Mark sitzt, soll der Wasserstrahl nicht angewandt werden, um die hier vereinzelt liegenden Bälkchen nicht samt dem Mark herauszuspülen.

Fig. 159.



Spondylitis tuberculosa.

Das Bild stammt von einem Präparate. An dem tuberkulösen Prozeß sind fünf Wirbelkörper beteiligt gewesen. Drei Wirbelkörper sind vollkommen eingeschmolzen; ihre Residuen und die der beiden Nachbarwirbel haben infolge des eingetretenen Verknöcherungsprozesses einen starken Schatten geworfen. Auch die sonstigen architektonischen Verhältnisse des Innern der Wirbel sind gut gezeichnet. Zwecks Aufnahme war das Präparat durch einen sagittalen Schnitt in der Mittellinie getrennt.

Dann werden die Knochenscheiben auf die in schwarzen Stoff gehüllte photographische Platte gelegt und bei einem Abstand von 60 cm mit einer weichen Röhre, bei der der Brennpunkt klein ist und unbeweglich fest steht, aufgenommen. (W 4 und 5, EZ 60—90 Sek.)

Weisen die Knochenscheiben Wölbungen auf, so drückt man sie allseitig mit einem Fädchen oder Bindenzügel der Platte an.

Ferner kann man sich natürlich ganze Serienschnitte von den verschiedenen Knochen herstellen und dieselben, wenn man nur den Röhrenabstand weit genug nimmt, auf eine einzige Platte placieren und gleichzeitig röntgenographieren.

Sollen die Bilder den Bau der Knochenspongiosa nicht ganz genau, sondern mehr im allgemeinen wiedergeben, oder gestattet die Seltenheit und Schönheit eines Präparates das scheibenweise Zersägen desselben nicht, so kann man den Knochen mitten durchsägen und dann röntgenographieren. Selbst der unaufgesägte gibt, wenn er anatomisch richtig auf der Platte mittels eines Wattepolsters lagert, beste Strukturbilder, wie jeder von seinen Röntgenaufnahmen am Lebenden weiß.

Auch der pathologische Anatom findet dabei seine Rechnung, denn die Bilder der verschiedenen Knochenerkrankungen sind so charakteristisch und bezeichnend, daß sie für sich selbst sprechen. Ist es doch sogar möglich, nunmehr die Veränderungen im Aufbau der Knochenspongiosa in vivo photographisch zu fixieren, wenn die Knochen unter andere statische Verhältnisse gebracht werden, wie wir das besonders schön beim Genu valgum und noch besser am Talus und Calcaneus bei redressiertem Klumpfuß vor und nach dem Redressement zeigen konnten.

Ferner ist es mit Hilfe der Röntgenstrahlen ein leichtes, sich über die normalen und die pathologischen Ossifikationsverhältnisse der verschiedenen Körperregionen zu orientieren.

In sehr praktischer Weise hat Herschel-Halle an Felsenbeinpräparaten den Fortgang und die Vollendung des künstlichen Entkalkungsprozesses durch fortlaufende Röntgenaufnahmen kontrolliert. Die Präparate werden dadurch, entgegen der früher primitiven Methode, die Entkalkung durch Nadelstiche zu verfolgen, in keiner Weise verletzt.

Bade und Lambertz haben durch ihre sorgfältigen Arbeiten erwiesen, wie unentbehrlich das Röntgenstudium für die Entwicklung des menschlichen Knochengerüstes während des fötalen Lebens ist. Ranke, Behrendsen, Wilms und Sick[1]), Béla Alexander[2]), Fujinami und andere haben die Ossifikationsverhältnisse nach der Geburt bis zum vollendeten Wachstum eingehend durchforscht.

Es soll nicht so hingestellt werden, als ob diese Untersuchungen immer nur Neues gefördert hätten. Vielmehr ist die Röntgenmethode als neuer Prüfstein zu den bisherigen Untersuchungsmethoden hinzugekommen und hat die Forschungsergebnisse der Anatomen bestätigt und teilweise ergänzt oder verbessert. Auch hier muß neben der Ein-

---

[1]) Die Entwicklung der Knochen der Extremitäten von Wilms und Sick.

[2]) Die Entwicklung der knöchernen Wirbelsäule von Béla Alexander, beide Atlanten erschienen 1902 und 1906, Hamburg, Lucas Gräfe & Sillem.

fachheit des ganzen Verfahrens die Möglichkeit hervorgehoben werden, ohne besondere Schwierigkeiten zu einem umfangreichen und beweiskräftigen Material am Lebenden zu gelangen. Dasselbe hebt Hahn hervor in seiner Studie über das Verhalten der Epiphysen der Unterschenkelknochen während des Wachstums. Insofern steht die Röntgenmethode einzig da.

Ranke machte ferner schon 1898 darauf aufmerksam, daß uns durch die Einsicht in die Ossifikationsverhältnisse am lebenden Menschen ein Mittel in die Hand gegeben sei, das Alter eines Menschen annähernd zu bestimmen, was gerichtsärztlich und auch sonst von großem Interesse sein kann.

Um die Blutgefäße in anschaulicher Weise an Leichenteilen zur Darstellung zu bringen, sind eine Reihe von Versuchen bekannt gegeben worden. Teilweise sind nur die arteriellen Gefäße durch Injektionsmassen bis in ihre feinsten Verästelungen dargestellt worden, von anderer Seite ist auch der gelungene Versuch gemacht worden, durch zweierlei Material, von dem das eine durchlässiger war, aber sich immer noch genügend gegen die Weichteile und Knochen abhob, eine Differenzierung von Venen und Arterien an einem Präparat zu zeigen. Opitz-Stettin hat als erster auf Anregung von Sick-Eppendorf die offizinelle graue Salbe verwandt und hebt die Billigkeit und das leichte Arbeiten mit der grauen Salbe im Vergleich zu anderen Injektionsmassen als besondere Vorzüge hervor.

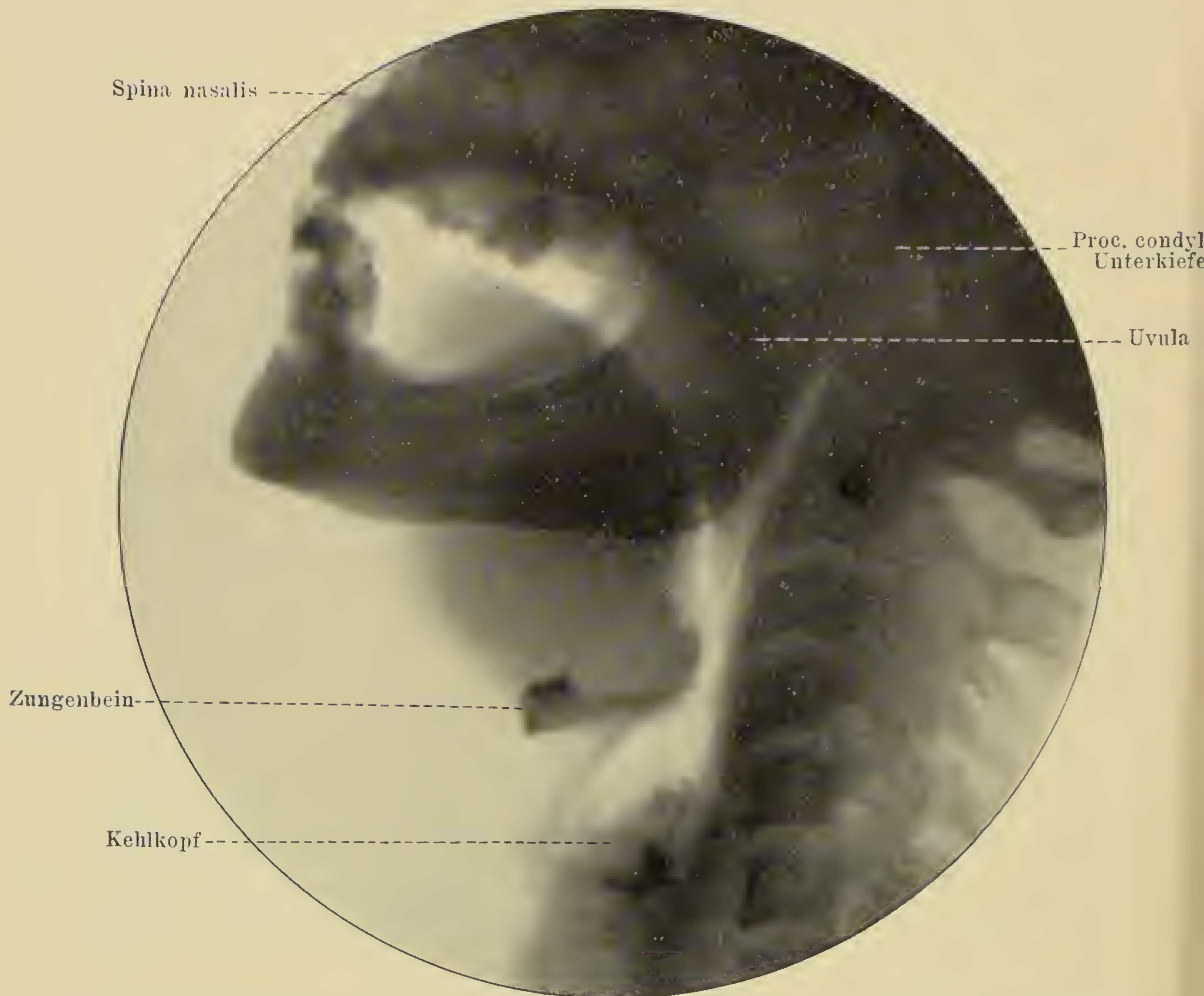
Es ist nun nicht allein gelungen, brauchbare Bilder von dem Gefäßsystem innerer Organe (Lungen, Nieren, Milz usw.), vom Gehirn, von Händen, den oberen und unteren Extremitäten zu erhalten, auch Präparate von ganzen Föten, bei denen die Injektion von der Aorta aus vorgenommen wurde, sind geglückt. Alle diese Bilder haben auch eine wissenschaftliche Bedeutung, da durch sie die Untersuchungen der Anatomen, z. B. bei den Nieren und Knochen (Lexer) bezüglich der Arterienverhältnisse, aufs beste bestätigt und ergänzt werden. Bei stereoskopischer Herstellung und Betrachtung läßt sich der Verlauf der Gefäße in besonders plastischer Weise bezüglich der Tiefenverhältnisse überschauen.

Hildebrand, Scholtz und Wieting haben in ihrem vortrefflichen Atlas als Injektionsmasse eine gesättigte Mischung von Quecksilber in Terpentin benutzt, die leicht flüssig und so dünn ist, daß sie auch in die kleinsten Gefäße eindringt, ohne zu zerfallen oder undeutlich zu werden. Für die Injektion an größeren Gefäßen wurde etwas Wachs zugesetzt.

Belot und Beclère verwenden eine auf 35° erwärmte Injektionsmasse, die sich aus 30 g Gelatine, 50 g Mennige und 200 g Wasser zusammensetzt; Hauch für seine vollendeten Bilder von Arterien der gesunden und der kranken Niere eine Aufschwemmung von 120 Gewichtsteilen Mennige in 120 Gewichtsteilen Paraffinum liquidum + 60 Gewichts-

teilen Oleum terebintinae (oder, wenn die Injektion z. B. bei geschrumpften Organen schwierig wird, die noch dünnflüssigere Masse: Mennige 80, Paraffin. liqu. 80, Ol. terebint. 50). Hauch erwärmt die der Leiche entnommenen Organe in körperwarmem Wasser und spritzt zunächst das Gefäßsystem von den Arterien aus mit körperwarmer physiologischer Kochsalzlösung durch, bis diese klar aus den Venen abläuft. Dann werden

Fig. 160.

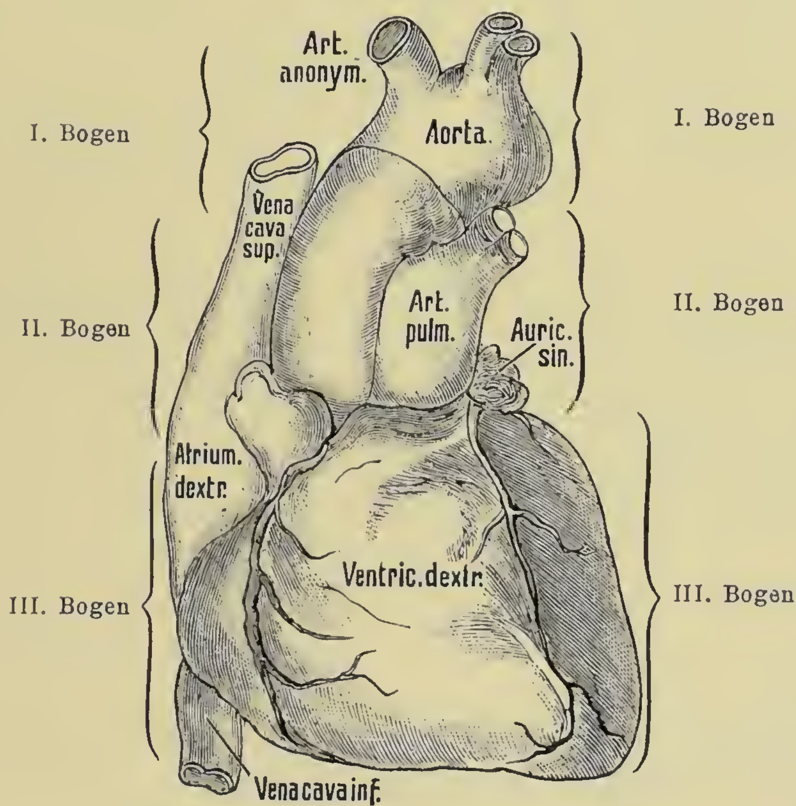


Seitliche Momentaufnahme eines Menschen in dem Augenblick, wo er den Buchstaben „M" ausspricht; besonders zu beachten die Form und Stellung der Zunge, der Epiglottis, des Zungenbeins usw.

mit einer der bekannten Metallspritzen $^1/_3$ Luft und $^2/_3$ der warmen Mennigemasse angesaugt und nun die Injektion von der Arterie des in warmem Wasser schwebenden Organs aus unter gleichmäßigem Druck (Wert des Luftpolsters!) so lange vorgenommen, bis aus den Venen farbstofffreie Paraffintröpfchen austreten und im Wasser aufsteigen. Nun wird die injizierte Arterie unterbunden; das Organ ist zur Röntgenaufnahme fertig. Zur weiteren Verarbeitung und Aufnahmen von Organschnitten härtet Hauch in Formalin.

Bei der Beobachtung in Bewegung begriffener Organe ist man nicht allein bei den Gelenken stehen geblieben; zu den interessantesten Aufschlüssen haben die genaueren Untersuchungen an einzelnen inneren Organen geführt. Scheier hat sich schon seit 12 Jahren erfolgreich mit der Physiologie der Stimme und Sprache beschäftigt und uns seine Beobachtungen, nicht allein über die Form und Stellung der Lippen, sondern auch über die Form der Zunge im Profil von der Spitze bis zum Zungengrunde, die Hebung, Wölbung, Aufrichtung, Senkung und Abflachung derselben bei der Phonation der verschiedenen Vokale vermittelt. Ferner erstrecken sich seine Untersuchungen und diejenigen von Eijkman-Scheveningen auf die Stellung des Gaumensegels, des Kehldeckels, des Zungenbeins und des Kehlkopfes. So hat Scheier zum ersten Male einwandfrei gefunden, daß sich das Gaumensegel beim Phonieren von a am wenigsten hebt, bei e etwas mehr, dann bei o und u und schließlich bei i am höchsten steht. Auch die Gestalt des Gaumensegels beim Aussprechen der verschiedenen Laute, beim Nasaliertsprechen, bei verschieden hohen Tönen, beim Laut- und Leisesprechen beschreibt er. Ferner kann man die Gestalt der Mundhöhle bei der Aussprache verschiedener Buchstaben gut beobachten, die Einstellung der Zunge, besonders bei Leuten, denen einzelne Backzähne fehlen, desgleichen kann man sich orientieren über das Verhalten des Gaumensegels bei den Schlingbewegungen, beim Atmen, Schnarchen, Bauchreden usw., auch lassen sich in patho-

Fig. 161.



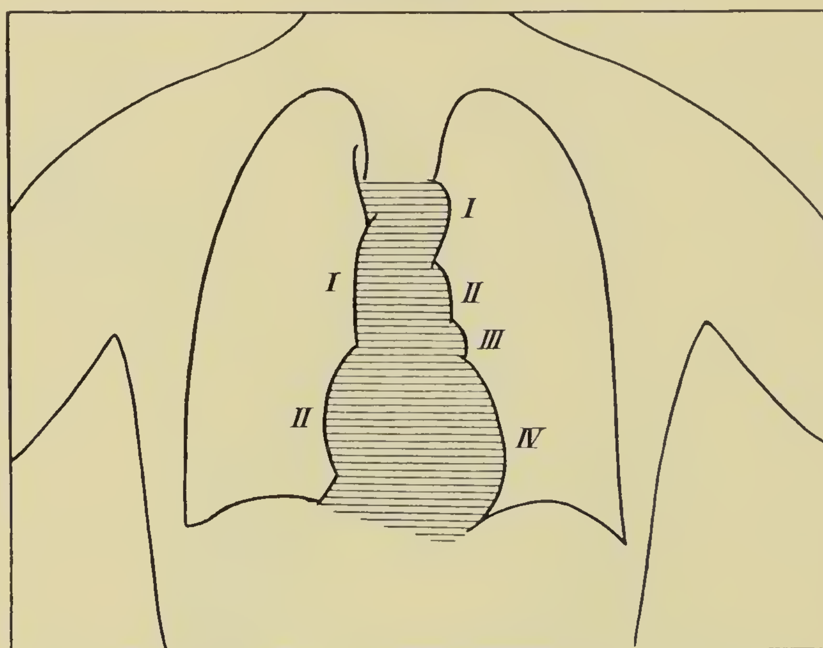
Herzbild nach Heitzmann-Arnsperger.

logischen Fällen der Stimme und Sprache die betreffenden Störungen präziser feststellen. Außerdem ist die genaue Beobachtung des Kehldeckels gelungen. Mit steigender Tonhöhe hebt sich der Kehlkopf, und der Kehldeckel richtet sich immer mehr auf, und umgekehrt. Bei der Falsettstimme richtet der Kehldeckel sich steil auf, der Kehlkopf wird in die Höhe gezogen und dem Zungenbein stark genähert.

Interessant sind Eijkmans Studien am Pharynx und Larynx während des Schluckaktes, ferner seine Arbeit über die Bewegungen des Kehlkopfes beim Summen mit geschlossenem Munde, sowie beim Sprechen mit Stimmton und beim Flüstern der Hauptvokale.

Ein weiteres wichtiges Gebiet, das in physiologischer Beziehung großen Aufschluß, Verwerfung oder Bestätigung früherer Theorien gebracht hat,

Fig. 162.



Sagittalbild des Herzens.
Links: I Aortenbogen, II Pulmonalbogen, III Herzohrbogen, IV Ventrikelbogen.
Rechts: I Gefäßbogen, II Vorhofbogen.

ist das der Brusthöhle, besonders bezüglich des Herzens und seiner normalen Bewegungen, bzw. der Ausdehnung der Lungen und der Tätigkeit des Zwerchfells.

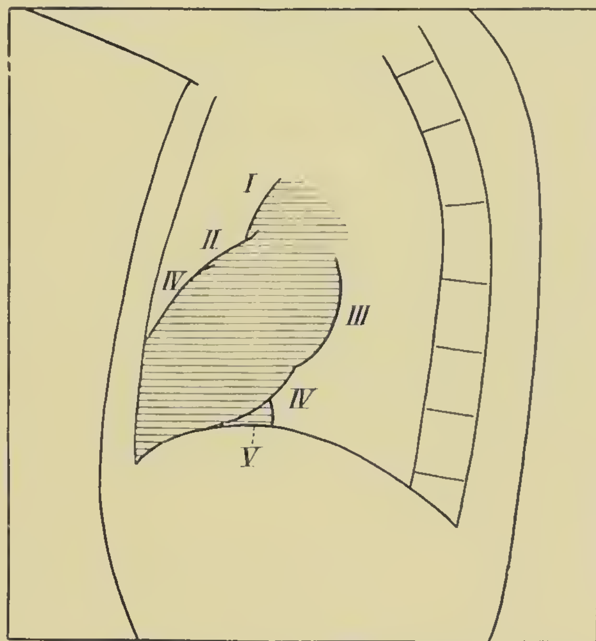
Ich brauche hier nur an die grundlegenden Arbeiten von Benedikt, de la Camp, Cowl, Dessauer, Dietlen, Groedel, Grunmach, Holzknecht, Alban Köhler, Moritz, Rieder, Rosenfeld zu erinnern. Alle die genannten Forscher und andere haben in einer Reihe von Abhandlungen ihre diesbezüglichen Untersuchungsergebnisse niedergelegt, die mit früheren physiologischen Gesetzen teilweise in Widerspruch stehen und Erklärungen für viele dunkle Punkte bringen.

Mit Hilfe der im technischen Teile beschriebenen Orthoapparate nach Moritz und durch Moment- und Fernaufnahmen läßt sich, wie

wir schon erwähnten, die genaue anatomische Lage und die Größe des Herzens für jedes Individuum genauestens feststellen, zumal man vermittels der seitlichen Durchleuchtung sogar die Tiefe des Herzens bis zu einem gewissen Grade beurteilen kann. Daß die an und für sich so vorzügliche Untersuchungsart der Perkussion in manchen Fällen die auf dem Schirm gewonnenen Resultate nicht erreicht, resp. nicht erreichen kann, wird noch in der klinischen Betrachtung erörtert werden.

Selbst die zeitlich verschiedenen Kontraktionen der Ventrikel und Vorhöfe sind zu beobachten, und zwar besonders schön, wenn man den Patienten mit dem Rücken dem Röntgenschirme anlegt. Die Herzfigur erscheint dann allerdings bedeutend vergrößert und weniger scharf, doch läßt sie sich, wie wir oft durch Vergleiche von vorn und hinten konstatieren konnten, deutlicher nach oben hin verfolgen. Bei seitlicher Durchleuchtung konnten wir — Patient erhebt dabei die Arme möglichst hoch — vor allem bei schmächtigeren Personen die Pulsation der großen Gefäße zeigen, die man indessen auch sehr gut von hinten sieht. Daß eine Valsalvasche Pressung die Herzfigur akut verkleinert, hat uns neben vielen wertvollen Beobachtungen v. Criegern zuerst gezeigt.

Fig. 163.



Frontalbild des Herzens.
Oben: I Aortenbogen, II Pulmonalbogen, IV Ventrikelbogen. Unten: III Vorhofbogen, IV Ventrikelbogen, V Vena cava.

Zur Orientierung diene zunächst die Fig. 161. Aus ihr und der schematischen Zeichnung Fig. 162 von Groedel werden ohne weiteres die einzelnen randbogenbildenden Teile von Herz, Aorta und Vena cava klar, besonders auch im Hinblick auf die Fig. 167.

Auch die beiden folgenden schematischen Zeichnungen von Groedel (Fig. 163 u. 164) werden zu Vergleichszwecken willkommen sein.

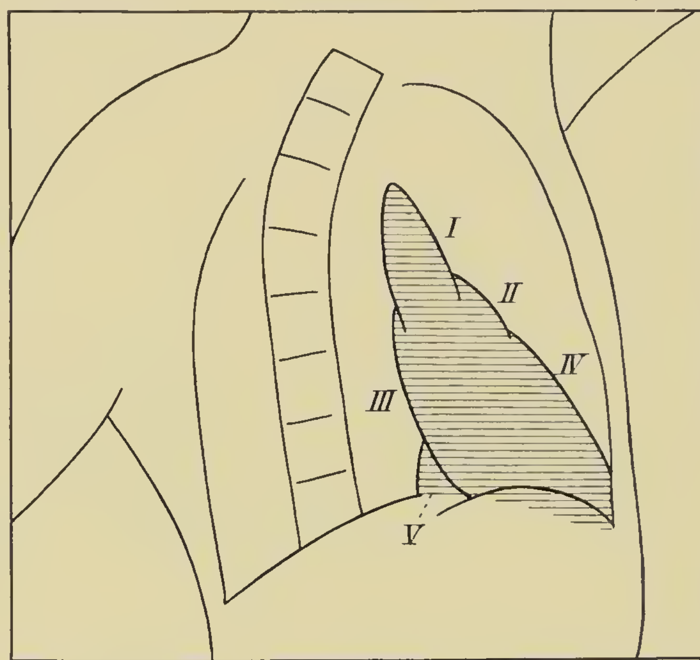
Bezüglich der Verhältnisse des Zwerchfells und seiner Tätigkeit, sowie der der Atmungsmuskeln gibt uns die Durchleuchtung ebenfalls gute Auskunft. Dabei fallen uns die geringen Bewegungen auf, welche das Zwerchfell unter gewöhnlichen Verhältnissen ausführt, und zweitens die große Selbständigkeit der einzelnen Teile in bezug auf ihre Durchschnittspannung. Die rechte Zwerchfellhälfte steht etwa 2 cm höher als die linke, und exakt gemessen fällt die Zwerchfellkuppe bei ruhiger

Atmung rechts in den fünften vorderen Interkostalraum, links auf die sechste Rippe.

Levy-Dorn konnte nachweisen, daß die in der Ruhe der Brustwand anliegenden Zwerchfellteile bei forcierter Atmung sich mehr oder weniger von ihr abheben, daß starke Inspirationen das Zwerchfell bis an die siebente Rippe und darunter herabdrücken; bei starker Exspiration ging es bis zur vierten Rippe hinauf.

Durch das jetzt allgemeine Meßverfahren wurde ferner übereinstimmend festgestellt, daß bei vertiefter Atmung die Exkursionsweite des Zwerchfells in der rechten Papillarlinie im Durchschnitt 33 mm beträgt, während

Fig. 164.



Das Herz im ersten schrägen Durchmesser.
I Aorta, II Pulmonalbogen, III Vorhofbogen, IV Ventrikelbogen, V Vena cava.

Guilleminot die normale Zwerchfellexkursion beiderseits gleich 16—18 mm setzt.

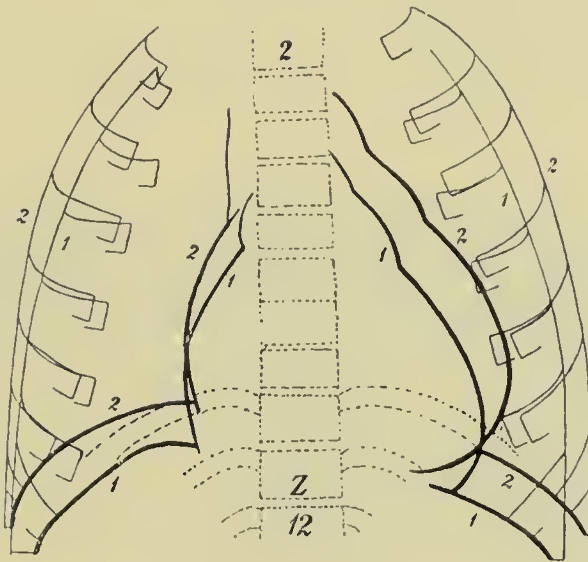
Die Bewegung der Rippen ist bei ruhiger Atmung nur gering (funktioneller Rippenwinkel = 5—6°); die Atmung geht mit einem Minimum von äußerer Muskelarbeit vor sich; man kann also hiermit die durch viel schwierigere Untersuchungsmethoden der Physiologen gefundenen Tatsachen auf einfache Weise, dem Auge sichtbar und anderen demonstrierbar, nachprüfen.

Es soll noch betont werden, daß diese Röntgenuntersuchungen Hand in Hand gehen müssen mit den sonstigen Untersuchungsmethoden; gerade durch die gegenseitige Kontrolle der Perkussion und der Röntgenoskopie erhalten die Befunde für das Herz und das Zwerchfell ihren hohen Wert.

Hier will ich auch noch erinnern an die Vergleichsresultate, die Cowl und Moritz dadurch erhalten haben, daß die Thoraxorgane in der aufrechten und wagrechten Körperstellung genau aufgezeichnet

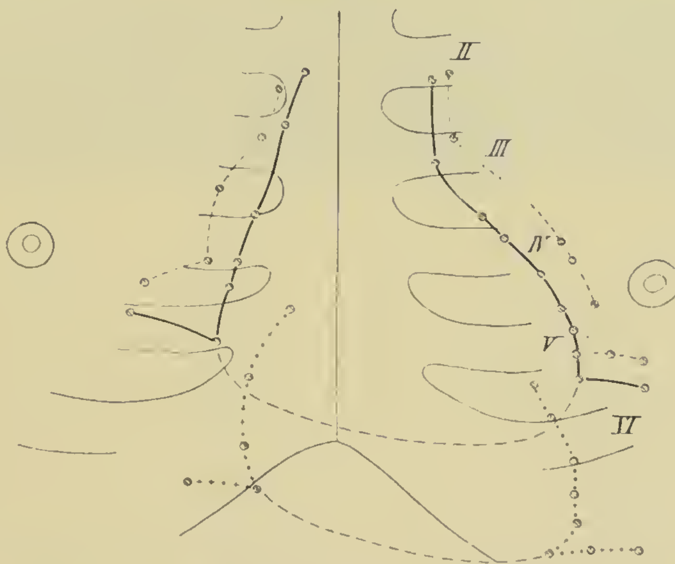
wurden. Das beistehende, Cowls Arbeit entnommene Bild (Fig. 165) zeigt im aufrechten Thorax (1) einen bedeutend tieferen Stand des Zwerchfells und des Herzens nebst der Aorta als im wagrechten Thorax (2), an diesem wiederum durchweg größere Frontaldurchmesser, beonders am Ober-

Fig. 165.



thorax, und dementsprechend eine weitere Ausdehnung des Brustkorbs und auch des Herzens. Die Herzspitze ist in Rückenlage beträchtlich nach oben und etwas nach außen verlegt, und die Herzachse verlagert sich beim Aufrichten nach der Vertikalen, beim Hinlegen nach der Horizontalen hin.

Fig. 166.



Die mittlere Figur stellt die Herzlage bei ruhiger Atmung, die obere in Exspirationsstellung, die untere in Inspirationsstellung dar. Keine Veränderung der Silhouette beim inspiratorischen Hinabsteigen des Herzens.

Sehr bezeichnend sind auch die Meßbilder bei ruhiger Atmung, in Exspirations- oder Inspirationsstellung. Das obenstehende Bild (Fig. 166) ist einer Arbeit von Moritz entnommen.

Während an diesem Herzen keine Veränderung der Silhouette beim

inspiratorischen Hinabsteigen zu messen ist, sind in anderen Fällen hierbei Differenzen zu konstatieren.

An dieser Stelle sei hervorgehoben, daß die Röntgenaufnahmen des Thorax möglichst in Atmungspausen herzustellen sind, und zwar entweder als ganz kurze Zeitaufnahmen oder noch viel besser als wirkliche Momentaufnahmen. Die hier folgende Abbildung (Fig. 167), welche von Dessauer schon vor 3 Jahren in $^1/_{100}$ Sekunde hergestellt wurde, zeigt, welche Schärfe des Herzschattens erreicht werden kann.

Fig. 167.



Moment-Thoraxaufnahme mit schärfstem Herzschatten und linksseitiger Lungentuberkulose (nach Dessauer).

Die kinematographischen Herzaufnahmen von Kästle, Rieder, Rosenthal, von Dessauer und Groedel erweisen außerdem den hohen wissenschaftlichen Wert der Röntgen-Herzbilder für Physiologie und Pathologie.

Um die Lage, den Verlauf und die Funktion der einzelnen Abschnitte des Verdauungstraktus vom Ösophagus bis zum Rektum für das Auge und die Platte differenzierbar zu machen und so wichtige anatomisch-physiologische Schlüsse zu ziehen, sind im allgemeinen zwei Wege beschritten worden: erstens hat man in einzelne Abschnitte, z. B. in den Magen, in das Rektum Luft eingeblasen oder sie mit Kohlensäure gefüllt und demgemäß eine Differenzierung erhalten. Zweitens werden entsprechend dem ersten wohlgelungenen Versuch von Rumpel-Hamburg mit einer Wismutaufschwemmung spezifisch dichtere, für Röntgenstrahlen undurch-

lässigere Ingesten dem zu Untersuchenden einverleibt und nun am Leuchtschirm oder auf der Platte aus ihrem Schattenverlauf das Entsprechende bezüglich Form und Funktion erschlossen.

Um den Verlauf des Ösophagus darzustellen, wird entsprechend den Urmethoden ein Magenschlauch benutzt, in welchen Draht, Quecksilber, Schrot, Wismut oder irgend ein Kontrastmittel eingefüllt ist. Ist dieser Schlauch oder eine Bleigummisonde eingeführt, läßt man zunächst dem Patienten und dem Ösophagus etwas Ruhe. Man sieht bei der Durchleuchtung von links hinten nach rechts vorn die Sonde ganz deutlich.

Erst Rieder hat dadurch, daß er die Herstellung seiner mit Wismut angerührten Mahlzeit und ihre Beobachtung im Ösophagus, im Magen und Darm lehrte, die eigentliche Schlund-Magen-Darm-Röntgenuntersuchung geschaffen.

Die Riedersche Wismutmahlzeit besteht aus einem Grieß- oder Mondaminmilchbrei (300—400 g), dem je nach dem Alter des zu Untersuchenden 3—30 g reines Bismutum carbonicum[1]) (so viel Gramm Wismut als der Patient Jahre zählt) beigemischt werden; um der etwaigen Obstipation vorzubeugen, wird diesem Brei etwas Milchzucker zugefügt (auch Kartoffel- oder Erbsenmus, Reis- oder Grießbrei kann je nach Geschmack genommen werden). Holzknecht, der sich besonders um die Ausbildung der Untersuchung des Magen-Darm-Traktus verdient gemacht hat, empfiehlt besonders für den Schluckakt eine Wismutpaste (30 g Wismut, 15 g Milchzucker, $1^1/_2$ Eßlöffel Wasser); ferner kommt hierfür in Betracht eine Aufschwemmung von 2—15 g Bismut. carbon. in 50—100 ccm Wasser; 0,2—0,3 g Bismut. carbon. in einer Oblate gut angefeuchtet, zu einer Kugel geknetet und mit einem Eßlöffel Wasser genommen (Scheier); für das Rektum und den Dickdarm werden Einläufe gemacht, und zwar 100 g Bismut. carbon. auf 1 Liter Öl, Milch, Wasser oder Schleim.

Kästle hat auf Grund sorgsamster Versuche das Zirkonoxyd[2]) als kontrastbildendes Mittel in die Röntgentechnik eingeführt, welches vollständig ungiftig und als reines weißes Pulver bequem jeder Breimischung zugesetzt oder als wäßrige Aufschwemmung anstandslos genossen wird; die Schattenbildung ist eine vorzügliche.

Als Mahlzeit nimmt man 75 g Kontrastin auf 300—400 ccm Mondaminbrei + 1 Messerspitze Vanillezucker. — Für Klysmen empfiehlt Kästle 2—3 Pakete (150—200 g) Kontrastin und 200 g Bolus alba in 1 Liter lauwarmem Wasser zu verrühren. —

[1]) Früher nahm man Bismutum subnitricum, bis man nach Beobachtung einer Anzahl von Vergiftungen (mit Todesfällen) nach Groedels Vorschlag zu dem Bismutum carbonicum überging, da die Vergiftungen von den meisten Forschern als Nitritvergiftungen aufgefaßt wurden.

[2]) Zu beziehen unter dem Namen „Kontrastin“ von der Polyphos-Elektrizitätsgesellschaft München in Originalpackungen zu 75 g; 10 Pakete kosten 7,50 M.

Durch Krause, Bachem und Günther wurde schließlich das Bariumsulfat empfohlen, und zwar das „chemisch reine Bariumsulfat zum innerlichen Gebrauche für Röntgenuntersuchungen von F. Merck-Darmstadt"[1]). Als Gemisch wird empfohlen: Bariumsulfat 150, Mondamin 15, Zucker 15, Kakao 20,0; diese Mischung wird mit etwas Wasser angerührt und kurz in 1/2 Liter Wasser aufgekocht.

Wir kehren nun zum Schluckakt zurück.

Die Beobachtung erfolgt am Röntgenschirm (ja man hat auch in Momentaufnahmen den Ablauf des Schluckaktes festgehalten, Eijkman, Scheier) derart, daß der vor der Röhre stehende, mit der Brust uns zugewandte Patient eine Drehung nach links so weit macht, daß seine rechte Thoraxseite uns zugekehrt ist, während die Röhre hinter seine linke Schulter zu stehen kommt (Holzknechts erste Schrägstellung, Fechterstellung). Zwischen den Schatten der Wirbelsäule und des Herzkomplexes erscheint dann ein helles Mittelfeld, in welchem sich der Verlauf des durch eine Sonde oder ein Schattenmittel gekennzeichneten Ösophagus als Schattenband usw. markiert. Eine tiefe Inspiration erhöht die Deutlichkeit.

Nach allen diesbezüglichen Untersuchungen scheint festzustehen, daß die flüssige Nahrung etwa 4—6 Sekunden vom Moment des Schluckens bis zum Verschwinden im Magen braucht. Davon kommt nach Arnsperger die Hälfte der Zeit auf den Durchtritt der Flüssigkeit durch den Ösophagus, die andere Hälfte auf das Passieren der Cardia. Gut eingespeichelte breiige Massen brauchen die gleich kurze Zeit, Trockenheit der Kapseln verzögert ihre Passage wesentlich.

Um den Magen sichtbar zu machen, sind alle möglichen Versuche angestellt worden. Becher hatte zunächst vorgeschlagen, denselben mit schwer durchlässigen Flüssigkeiten anzufüllen oder ihn mit Luft aufzublasen und ihn dadurch das erstemal als dunkleren, das zweitemal als helleren Körper zur Anschauung zu bringen. Wegele war der erste, der einen weichen Magenschlauch mit einem Metallmandrin in den Magen einführte, um dadurch die untere Grenze des Magens bildlich darzustellen. Die ersten wirklich ausgezeichneten Bilder dieser Art hat Lindemann-Hamburg demonstriert. Rosenfeld hat in diesen Fällen mit Vorteil Sonden mit Drahtspiraleinlage benutzt, wie sie in der Veterinärmedizin zum Katheterisieren der Hengste benutzt werden.

Strauß hat auf andere Weise versucht, die untere Magengrenze sichtbar zu machen. Er ließ seine Patienten Gelatinekapseln, die mit einem für Röntgenstrahlen schwer durchlässigen Körper — Ferrum hydrogenio reductum, Bismutum subnitricum — gefüllt waren, verschlucken.

[1]) 1 Kilo Bariumsulfat kostet bei Merck . 2,20 Mk.
1 „ Zirkonoxyd „ „ Polyphos 6,00 „
1 „ Bismut. carbon. . . . . 22,00—24,00 „

In derselben Weise sind später mit einigen Modifikationen Boas und Levy-Dorn vorgegangen, indem sie die Patienten Kapseln verschlucken ließen, die mit arsenfreiem, metallischem Wismut gefüllt waren und zwecks Unlöslichkeit einen Überzug von Zelluloid trugen. Verfasser konnten diese Kapseln bei nicht zu dicken Personen auf dem Wege durch den Magen und Darm verfolgen.

Ich habe schon oben die Präparation der Riederschen Mahlzeit geschildert und lasse hier die klassischen Ausführungen Rieders[1]) über den Gang seiner Untersuchung folgen. Die weiche Röhre wird auf den durch eine Metallmarke gekennzeichneten Nabel zentriert, derart, daß die Röhre auf der Rückenseite des Patienten steht, und zwar bei einer Entfernung zwischen Antikathode und Schirmplatte von 60 cm. Zur Erhöhung der Bildschärfe wird eine 12 cm weite Blende der Röntgenröhre vorgeschaltet. (Buckys Wabenblende ist gerade für die Untersuchung von Schlund, Magen und Darm wegen der großen klaren Übersichtsbilder besonders wertvoll.)

Der Patient erhält die präparierte Mahlzeit nüchtern, nach möglichster Darmentleerung. Nach Darreichung derselben kann sofort und öfters wiederholt in gewissen Zeitabschnitten eine Schirm- oder Plattenuntersuchung des Abdomens vorgenommen werden, um während eines derartigen „Verdauungsversuches“ die topographischen und physiologischen Verhältnisse nicht bloß des Magens, sondern auch des Darmes zu erforschen.

Ist man über den Ablauf der normalen Verdauungsperioden gut orientiert, so genügt es, zur Zeit der zu prüfenden Verdauungsperiode, also z. B. im Verlaufe der Dickdarmverdauung, d. h. einige Stunden nach der Nahrungszufuhr, eine oder zwei Röntgenuntersuchungen des Abdomens vorzunehmen. Will man nur den Dickdarm röntgenologisch untersuchen, so kann man von der Verabreichung wismuthaltiger Nahrung absehen und sich nach gründlicher Entleerung des Darmes mit der Vornahme eines rektalen Bismut.-carbon.-Einlaufes begnügen.

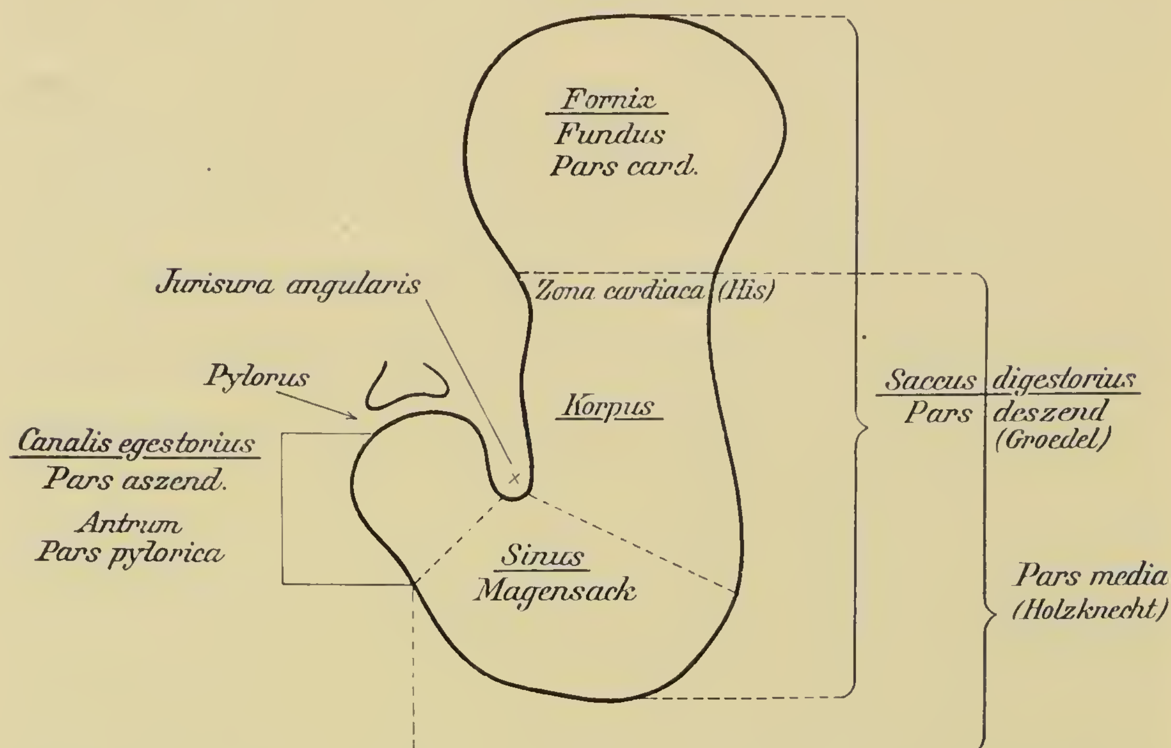
Zunächst lassen sich also Größe, Form und Lage des Magens genau eruieren. Man sieht auf den ersten Blick, daß sich das ganze Organ mit Ausnahme des Pylorus in der linken Körperhälfte befindet. Die Längsachse des Magens steht nicht horizontal, wie man früher annahm, sondern vertikal. Dabei sieht die kleine Kurvatur medianwärts, indem sie ungefähr mit der linksseitigen Grenze des Wirbelsäulenschattens zusammenfällt, während die große Kurvatur des Magens lateralwärts verläuft und eine von links oben nach unten und rechts verlaufende Bogenlinie beschreibt. Dabei steht der Magen im allgemeinen bei weiblichen Personen tiefer als bei männlichen, am tiefsten bei Gastroptose. Lage und Form des Magens wechseln selbst bei Gesunden außerordentlich, und sogar bei ein

[1]) Münchner med. Wochenschr. 1906, Nr. 3, S. 112; Fortschr. auf dem Gebiete der Röntgenstr. Bd. VIII, Heft 3, S. 142.

und derselben Person, z. B. je nach dem Füllungszustande des Magens, der Körperstellung usw.

Eine rundliche oder ovale Gasansammlung im Epigastrium ist fast

Fig. 168.

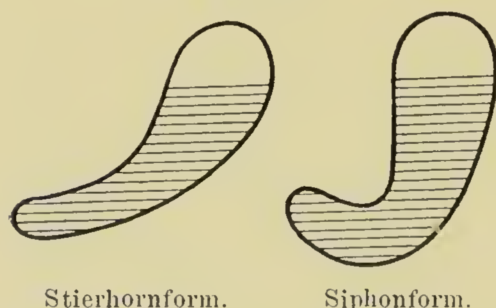


Nomenklatur des Magens nach Dietlen. (Die unterstrichenen Bezeichnungen nach Forssell.)

stets zu beobachten, mag der Magen gefüllt sein oder nicht, und sie weist uns auf seine obere Begrenzung hin.

Auch die von Braune beschriebene, den kardialen Magenschluß bewirkende Einbuchtung der Magenwand, welche die rückläufige Bewegung des Speisebreies verhindern soll und von His als Zona oder Incisura cardiaca bezeichnet wurde, ist meistens deutlich zu erkennen; durch die Einbuchtung zwischen Pars desc. und asc. an der kleinen Kurvatur, die Incisura angularis, ist die Abgrenzung des Antrum pylori gegen das Korpus angezeigt (s. Fig. 168).

Fig. 169.



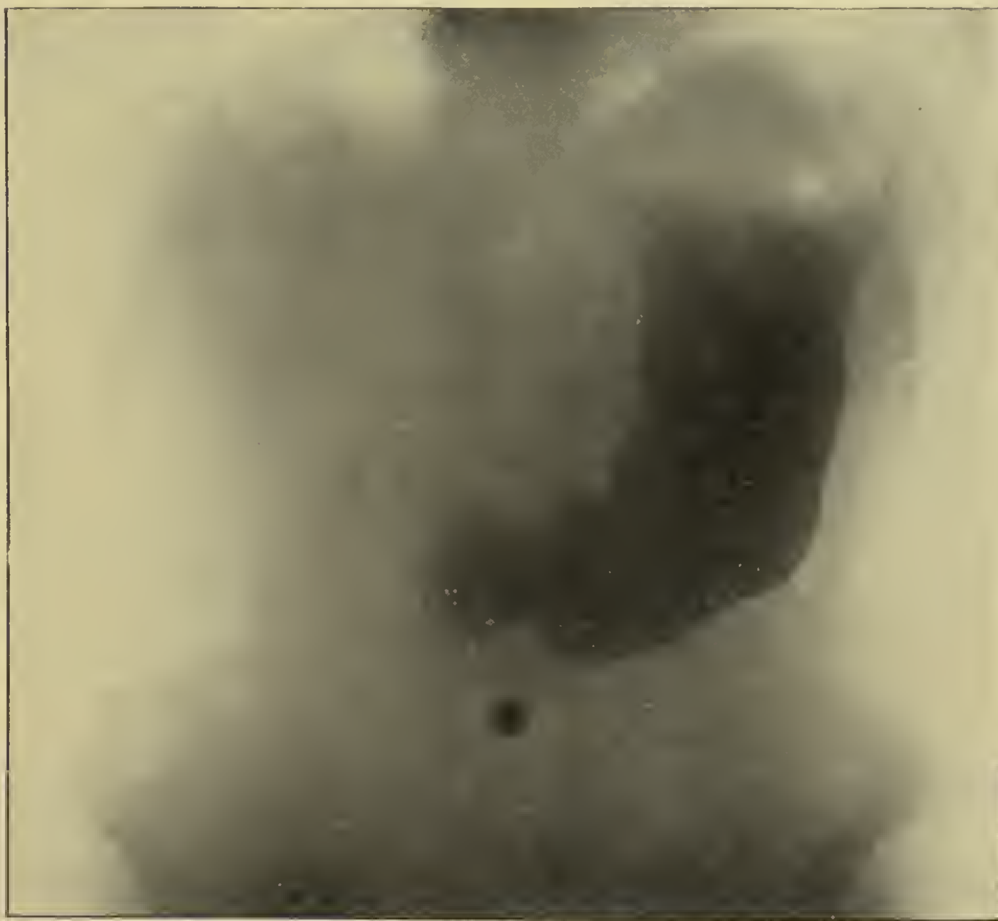
Stierhornform. Siphonform.

Auf die Streitfragen über die normale Magenform — ob dieselbe mehr Stierhornform (Holzknecht) oder mehr Siphonform, Angelhakenform (Rieder, Groedel) hat (Fig. 169) — können wir hier nicht eingehen; Schlesinger trifft wohl das Richtige mit seiner Annahme, daß die Stierhornform Holzknechts die ursprüngliche Magenform darstellt, aus der sich durch eine in physiologischen Grenzen bleibende Dehnung der Wand die Angelhakenform herausbildet; zumal Simmonds an einem großen pathologischen Material nachgewiesen hat, daß schon der

Magen des Säuglings unter dem Einfluß reichlicher Nahrung eine Dehnung erfährt und Angelhakenform annimmt; ferner daß die Angelhakenform im ersten Dezennium bei einem Drittel, im zweiten Dezennium bei der Hälfte und jenseits derselben bei zwei Dritteln aller Menschen vorkommt.

Die peristaltischen Magenbewegungen wurden zuerst am Leuchtschirm studiert, später auch durch Serienmomentaufnahmen. Kästle, Rieder und Rosenthal brachten die ersten Kinoaufnahmen; Groedel, Dietlen, Haudeck förderten ihre Kenntnis, besonders auch

Fig. 170.



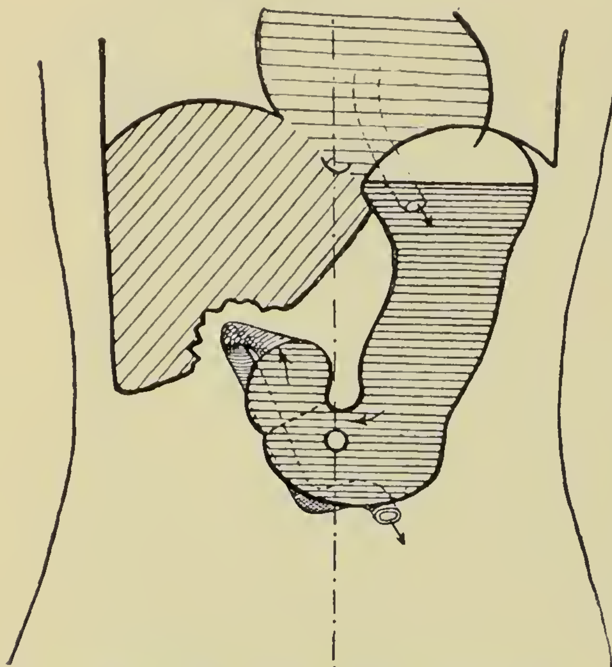
Magen im Zustande peristaltischer Bewegung nach Darreichung einer Wismutmahlzeit; 19jähriger Mann. (Nach Rieder.)

Holzknecht, der eine erhebliche Verstärkung der Magenperistaltik durch Kneten der epigastrischen Gegend erreichte. — Wir sehen bei gefülltem Magen lange peristaltische Wellen von der Cardia besonders längs der großen Kurvatur zum Pylorus ziehen. Demgemäß finden wir auf Momentröntgenogrammen Einschnürungen und Hervorbuchtungen der Magengrenzlinien. Rieder u. a. schlossen, daß eine völlige Trennung des Magens während der Verdauungstätigkeit nicht vorkommt, daß die Neuformation des Antrum pylori vielmehr von seiten des Magenkörpers her erfolgt, und zwar bereits zu einer Zeit, in der das alte Antrum verschwindet.

Man kann daher nach Rieder nicht von einem Antrum, sondern

nur von einer antralen Formation im funktionellen Sinne sprechen. Dagegen wird nach Groedel auf Grund sorgsamster Studien die primäre Antrumbewegung nicht durch Übergreifen der Korpuswellen auf das Antrum, sondern autochthon in der Nähe des Sphincter antri durch irgend einen Reiz ausgelöst. So viel läßt sich, sagt Dietlen, mit Bestimmtheit sagen, daß die Antrumbewegung ein peristaltischer Bewegungsvorgang ist, der in einem beständigen Entstehen und Verschwinden besteht; ferner daß bei der Antrumentleerung neben der darmwärts gerichteten Bewegung eine lebhafte Bewegung des Mageninhaltes rückwärts nach dem Korpus zu stattfindet (Bedeutung der Pars pylorica als Misch- und Sortiervorrichtung). Die Länge der rhythmisch auftretenden Korpuswellen, die individuell und zeitlich je nach den momentanen Reizen tiefer oder flacher abrollen, ist nach Forssell durch die Architektur der Magenmuskulatur bedingt. Durchschnittlich dauert die Antrumformation 8 Sekunden und wiederholt sich alle 18—24 Sekunden.

Fig. 171.



Halbschematisches Magenorthogramm nach Groedel.

Der Pylorus wird im Röntgenbild nur sichtbar in den Momenten seiner Öffnung, wenn also Wismutbrei durch ihn tritt; seine Lage wird bestimmt durch eine schmale, wismutfreie Zone zwischen Antrum- und Duodenalfüllung (vgl. Fig. 168).

Bei mäßigem Füllungszustande des Magens liegt der Pylorus meist rechts von der Mittellinie, er kann aber auch — besonders bei stärkerer Gastroptose — links von derselben angetroffen werden.

Auch die motorische Funktion des Magens und des Darms und die einzelnen Verdauungsphasen sind durch das Röntgenverfahren einem genaueren Studium zugänglich, als dies früher möglich war.

Man hat sich durch genaueste Beobachtungen überzeugt, daß der weitaus größere Teil der enormen Muskelarbeit, die der Magen während der Verdauungszeit leistet, der Durchmischung und Knetung der Speisen zugute kommt, der kleinere der Austreibung derselben. Der Mageninhalt nimmt also ganz allmählich ab, indem von Zeit zu Zeit ein Teil des verflüssigten Chymus unter Eröffnung des Pylorus in das Duodenum übertritt. Nach dem Genuß von Flüssigkeiten geht die Magenentleerung, wie schon vorher bekannt, viel rascher vor sich als nach der Zufuhr fester Speisen, und durch stärkere Anfüllung des Magens wird seine spezifische Entleerungs-

geschwindigkeit gesteigert; der Magen arbeitet im Beginn seiner Verdauungstätigkeit rascher als in späterer Zeit usw.

Da die Aufenthaltsdauer einer Speise im Magen einen Anhaltspunkt für deren Magenverdaulichkeit gibt, so darf diese Motilitätsprüfung durch Röntgenstrahlen ein großes physiologisches und praktisches Interesse beanspruchen.

Die Röntgenuntersuchung des Darmes hat sich naturgemäß langsamer und schwieriger entwickelt. Holzknecht schreibt: „Neben den technischen Schwierigkeiten, genügende Füllungen beliebiger gewünschter Abschnitte zu vorbestimmten Untersuchungszeiten zu erlangen und sie nach Qualität, Qantität und Lage von außen zu beeinflussen, war besonders der Umstand hinderlich, daß die physiologischen Verhältnisse an dem viel ausgedehnteren und funktionell mannigfaltigeren Darm selbst in Hinsicht der gröberen Vorgänge nicht bekannt waren. Auch litt die praktische Brauchbarkeit durch die große Zahl der Untersuchungen, welche wegen der längeren Dauer der Darmpassage notwendig schienen. Wie aber die Erfahrung und zweckmäßige Anordnung für die Röntgenuntersuchung des Magens eine weitgehende Vereinfachung gebracht hat, so haben die gleichen Momente auch für die Untersuchung des Darmes eine wesentliche Vereinfachung gebracht. Sie kann meist zweizeitig, manchmal einzeitig (Hypermotilität des Colons) zu Ende gebracht werden. Dabei ist schon inbegriffen, daß jeder Darmuntersuchung die Untersuchung des Magens eingefügt wird, teils weil der erstere in einem festen Abhängigkeitsverhältnis vom letzteren steht, das sich besonders in der Motilität äußert (Jonas), teils weil die Indikation häufig nicht streng auf den Darm begrenzt werden kann.

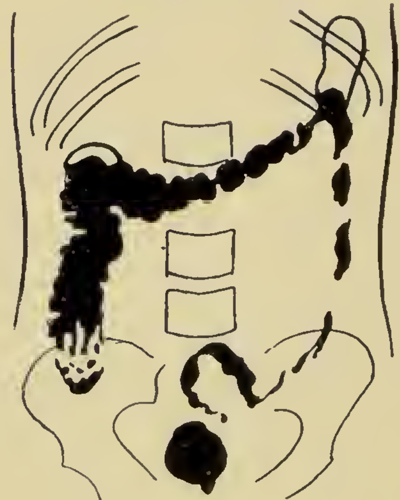
Für die Erhebung der motorischen Verhältnisse ist die Durchleuchtung ausreichend, für die morphologischen ist diese und überdies die Photographie heranzuziehen. Als schwere Ingesten kommen für das Duodenum und die oberen Jejunumabschnitte die Schwersalzwasseraufschwemmung, sonst für die Motilität und manche morphologischen Symptome am ganzen Verdauungstrakt die Riedersche Mahlzeit, für die übrigen morphologischen Details am Colon, besonders an den distalen Abschnitten das Schwersalzklysma in Verwendung. Das letztere deshalb, weil die Füllung des Quercolons und der weiteren Dickdarmabschnitte per os häufig unvollständig, fragmentarisch ist, die Wasseraufschwemmung für die oberen Dünndarmabschnitte deshalb, weil die breiigen Mahlzeiten durch Erregung des Pylorusschlußreflexes eine ungenügende Füllung des Dünndarmes bewirken, während Wasser den Pylorus glatt passiert. Von passiven Beeinflussungen der Füllung ist die Effleurage des wäßrigen Mageninhaltes in das Duodenum und die kürzlich (Schwarz) gezeigte der Klysmafüllung des Cöcums in das Ileum bemerkenswert; der Darm ist gut, der Darminhalt manuell wenig verschieblich. Die Untersuchung wird 6 Stunden und 24 Stunden nach der Breimahlzeit vorgenommen. — Untersucht wird:

1. Sechs Stunden p. c. nüchtern die Motilität des Magens, Dünndarms und oberen Dickdarms. Normalerweise (Fig. 172) ist zu dieser Zeit der Magen leer, die letzten Ileumschlingen sind gefüllt und ziehen in einigen Schlingen aus dem Becken nach dem rechten Darmbeinteller, die größere Hälfte der Mahlzeit findet sich im Cöcum und Colon ascendens.

Fig. 172.



Fig. 173.



2. Vierundzwanzig Stunden p. c.: Motilitätsprüfung: Normalerweise (Fig. 173) sind im Cöcum die sichtbaren Ingesten bereits durch nachrückende unsichtbare substituiert, und der Kopf der Ingestensäule, die sich gestreckt hat, findet sich im Sigma oder im Rektum, eventuell wird Abgang von Schwersalz im letzten Stuhl (weiß bis lehmfarben, weißes Ende einer Entleerung) gemeldet.

Fig. 174.



3. Klysma, bis 3 m hohes Irrigatorgefäß, in den Schlauch eingeschaltete Glasröhre zur Kontrolle des Ablaufes, kurzes (Schwarz), weiches Darmrohr, linke Seitenlage (Entfaltung der Flexura lienalis) 1500—1700 ccm, bei Kindern 500—1000, langsames, bei Beginn jedes Stuhldranges sistiertes Einlassen, Photographie in Bauchlage; bei palpablem Tumor Durchleuchtung unter gleichzeitiger Palpation zur Ermittlung der Zugehörigkeit, was aber meist schon vor dem Klysma geschehen sein kann. — Das Klysma (Fig. 174) dringt leicht bis zur Ileocökalklappe vor, manchmal durch diese hindurch, manchmal in den Processus vermiformis; die Formen und die Lage sind im Sinne der Erweiterung und der Ausgleichung sowie Neubildung von Knickungen verändert.

4. Nach Abfließenlassen oder Defäkation des Klysmas Wismutwasseraufschwemmung per os, Durchleuchtung des Magens und oberen Dünndarms im Stehen. —

W ä ß r i g e I n g e s t e n des Magens betreten sofort in großen

Mengen, amylaceenhaltige, breiige, unausgesetzt in kleinen Mengen das Duodenum, füllen das postpylorische, ampulläre, faltenlose Anfangstück (Bulbus duodeni) und werden von hier rhythmisch, in minutenlangen Pausen, ziemlich rasch in den Dünndarm geschoben, wo sie schubweise fingerlange Strecken zurücklegen. Sie finden sich nach einer halben Stunde in der linken Fossa iliaca und in der Mitte des Leibes, nach 1—2 Stunden in der Mitte und rechts, nach 3 Stunden in der Mitte und im unteren Ileum, nach 4 Stunden teils im Ileum, teils im Cöcum, nach 6 Stunden im Ileum, Cöcum und Colon ascendens. Nach 8 Stunden ist der Dünndarm leer. Sie bilden in den oberen Dünndarmpartien Gruppen getrennter, fingerglied- bis kleinfingerlanger, etwa 1 cm breiter, bald mehr kerbrandiger, bald gefiederter Flecken, Formen, welche durch die Kerkringischen Falten bedingt sind, und sich, je weiter distalwärts sie wandern, desto mehr zusammenschieben, bis sie endlich im Ileum homogene, daumenbreite, walzenförmige gewundene Schlingen von größerer Länge formieren. Größere Ansammlungen von Gas und Flüssigkeit (kuppelförmige Helligkeiten mit darunter befindlichen horizontalen, beim Schütteln wellenwerfenden Niveauflächen) kommen im Bereich des Darmes normalerweise nicht vor.

Das Colon empfängt den Schwersalzbrei 2—3 Stunden post coenam (Fig. 172 u. 173) und von hier streckt sich das Ingestenband bis zum Rektum aus, wo das Kopfende 24 Stunden post coenam anzulangen pflegt. Zu gleicher Zeit zieht sich das im Cöcum liegende Schwanzende der Säule wie das eines Regenwurmes nach, wobei die ganze Säule sich verkürzt und sich im Reservoir des Sigmas und Rektums zu kurzer, im Rektum erheblicher Breite ansammelt. Die Defäkation entfernt den Rektum- und Sigmainhalt, oft auch den des Colon descendens. — Bald nach derselben kann ein Stück der höher zurückgebliebenen Säule in die tieferen Partien in rascher Bewegung nachrücken.

Haenisch hat gelehrt, das Eintreten des Kontrasteinlaufs in den Dickdarm auf seinem Trochoskop direkt am Schirm Schritt für Schritt zu beobachten. Grigorieff und Cohn haben den Wurmfortsatz eingehend studiert und sind überzeugt über seine Lage, seine Beweglichkeit, sowie besonders über seine spezielle physiologische Funktion Aufklärung zu erhalten.

Auf die zahlreichen interessanten und für die Physiologie und Pathologie des Magen-Darm-Traktus äußerst wichtigen Untersuchungen der morphologischen und motorischen Verhältnisse, der einzelnen Abschnitte, der Mechanismen der Fortbewegung der Ingesten (auch unter pharmakologischer Beeinflussung) usw. kann ich hier nicht näher eingehen. Jedenfalls sind alle Forscher darin einig, daß gerade hier die Röntgenuntersuchung einen Einblick gewährt, den die rein klinische Beobachtung nie geben kann.

Alle diese wenigen Andeutungen müssen hier in ihrer Unvollkommenheit genügen. Jedenfalls sind die anatomisch-physiologischen Untersuchungsresultate allein so wichtig und umfassend, daß die Röntgenlehre den Anspruch wohl erheben kann, als Spezialwissenschaft anerkannt zu werden.

Fremdkörper.

Wenn wir die ersten Röntgenberichte durchsehen, so handelt es sich fast stets um die Bestimmung des Sitzes von Fremdkörpern, und noch immer ist gerade dies Gebiet äußerst dankbar und teilweise von großer Tragweite für den Arzt und den Patienten. Ich sage absichtlich teilweise, da ja in vielen Fällen der Sitz eines Fremdkörpers ein ziemlich nebensächliches Ding ist. Solange nicht Störungen von dem Fremdkörper hervorgerufen werden, soll derselbe ruhig liegen bleiben, wohin er sich verirrt hat; erscheint aber seine Entfernung nötig, so haben wir in der Röntgenuntersuchung ein Mittel, seine Lage und Größe und damit unseren Operationsplan vorher festzustellen.

Gehen wir davon aus, welche Substanzen überhaupt gegenüber den Weichteilen, resp. den Knochen stärker schattenwerfend wirken: zunächst natürlich Metalle und alle Gegenstände, die aus denselben hergestellt sind, wie Projektile, Nadeln und ihre Bruchstücke, Haarnadeln, Eisensplitter, Blechstücke — ganz dünne Aluminiumstücke werfen keinen Schatten —, dann Nägel, Münzen und solche Dinge, die bei chirurgischen Eingriffen im Körper liegen bleiben, wie Silberdraht, Murphyknopf. Ferner sind gegen den Körper zu differenzieren: Stücke von Glas, Porzellan, Steingut, künstliche Gebisse, außerdem Steine verschiedener Art, wie Kieselsteine, Edelsteine, Schiefer, Stücke von Email, Horn und Elfenbein. Kunstprodukte aus Knochen usw. Auch Jodoform in seinen verschiedenen Mischungen, graue Salbe und andere Injektionsmassen, die durch Zinnober- und Mennigezusatz hergestellt sind. Bereits 1896 war durch Sehrwald festgestellt, daß die Halogene Chlor, Brom und Jod in reinem Zustand und in ihren chemischen Verbindungen in hohem Maße undurchlässig sind. Intensiven Schatten werfen ferner: Phosphor und Schwefel, Arsen und Antimon.

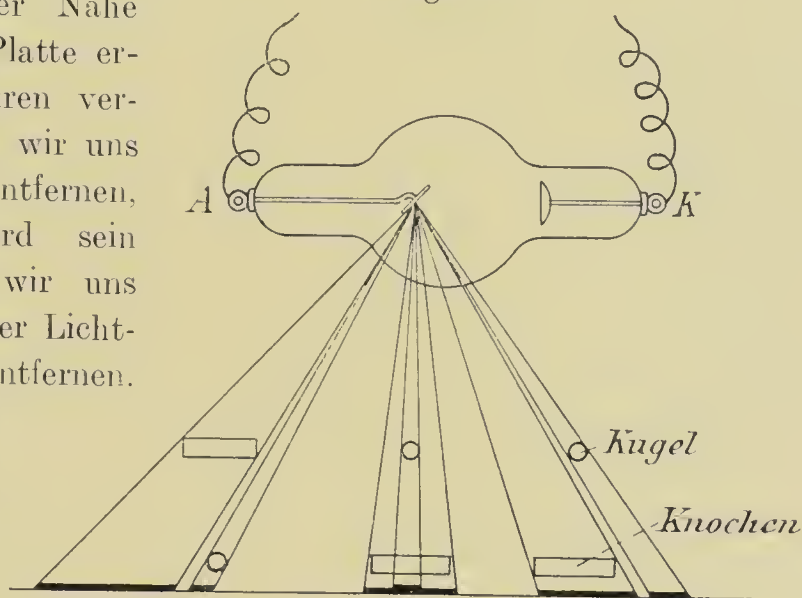
Um nun einen Fremdkörper im Innern des menschlichen Körpers differenzieren zu können, muß er eine gewisse Größe haben. Es ist selbstverständlich, daß er um so eher auf dem Schirme gesehen und auf der Platte dargestellt werden kann, je größer er ist, während er sich gleichzeitig tiefer im Körper befinden darf. Je kleiner ein Corpus alienum ist, desto schwieriger ist es zu sehen. Wenn es überhaupt nachweisbar sein soll, muß bei geringerer Größe sein spezifisches Gewicht, seine Dichte eine verhältnismäßig höhere sein. Forster, der im Knie einer Patientin sogar ein Nadelfragment von 0,0202 g röntgenographisch darstellte, hat genaue methodische Untersuchungen über die kleinsten nachweisbaren

Massen metallischer Fremdkörper ausgeführt. Er kam unter anderem zu dem Resultat, daß ein eiserner Fremdkörper von nur 1 mg Gewicht mit voller Sicherheit in einer menschlichen Hand nachgewiesen werden kann. Wir hatten neulich Gelegenheit, einen kleinsten Glassplitter von 0,13 mg Gewicht (Geh. Rat Dorn gewogen) in der Haut der Fingerspitze nachzuweisen. Daß man auch die Form des Fremdkörpers auf dem Schirm oder der Platte sieht, ist oft von großer Bedeutung.

Von größter Bedeutung für die Entfernung eines Fremdkörpers ist seine genaue Lagebestimmung. Einen Anhalt für die erste Orientierung bietet die Stelle seines Eindringens, wenn eine solche noch nachzuweisen ist; sonst weisen die Schmerzen, eventuell Schwellung auf den Sitz hin, oder aber wir wissen, z. B. bei Fremdkörpern innerhalb des Darmtraktus, den Sitz auch nicht annähernd und suchen uns denselben erst.

Erinnern wir uns nunmehr an einige Sätze aus dem technischen Teil. Das Bild eines Körpers ist um so natürlicher und schärfer, je näher er sich an der Platte oder dem Schirm befindet. Bei großer Nähe zwischen Licht und Platte erscheinen seine Konturen verschwommen; je mehr wir uns von der Lichtquelle entfernen, um so schärfer wird sein Bild. Doch werden wir uns wegen der Abnahme der Lichtstärke nicht allzuweit entfernen. Hieraus ergibt sich für Fremdkörperaufnahmen folgendes: Untersuchen wir z. B. einen Vorderarm, der eine Kugel birgt, deren Größe uns vom Patienten angegeben wird, während die Beugeseite dem Schirme anliegt, so können wir schon aus der Schärfe und Größe des Kugelbildes schließen, ob wir die Kugel auf dieser oder der Streckseite des Armes zu finden haben.

Fig. 175.



Ferner wissen wir, daß das Schattenbild eines Körpers um so größere Exkursionen bei Bewegungen macht, je weiter sich der Körper vom Schirm befindet; oder haben wir zwei Körper in verschiedener Entfernung, so wird das Objekt, welches dem Schirme am nächsten liegt, bei Verschiebungen geringere Exkursionen ausführen, als das der Strahlenquelle näher gelegene. Man kann sich von diesem Gesetz leicht aus beigegebener Fig. 175 und durch folgendes Experiment überzeugen: Wenn man zwischen ein Stück weißes Papier und seine Fingerspitze z. B. eine Bleistiftspitze bringt, und nun das Ganze so gegen eine Lampe hält, daß man durch das Papier

hindurch die beiden Schatten sieht, so gleitet bei Bewegungen senkrecht zur Längsrichtung des Fingers, die man samt dem Papier ausführt, die Fingerkuppe gleichsam über die Bleistiftspitze hin und her. Nehmen wir wiederum den Vorderarm mit einer Kugel. Nachdem wir durch Verschiebung in der Längsrichtung des Armes bei einer Entfernung von 40—50 cm die Stelle gefunden haben, wo die Kugel liegt, müssen wir feststellen, ob wir von der Beugeseite oder der Streckseite nach ihr zu suchen haben. Wir legen zu diesem Zwecke den Arm mit der Beugeseite horizontal fest an den Schirm und verschieben ihn nunmehr samt Schirm von oben nach unten, und zwar recht nahe dem Licht. Macht der Fremdkörper größere Exkursionen als z. B. die Ulna, in deren Schatten er lag, so liegt er an der Streckseite und umgekehrt. Richtig sagt L e v y - D o r n, daß es dann so aussieht, als ob sich das der Strahlenquelle näherliegende Bild in der Richtung der bewegten Hand, das entferntere entgegengesetzt bewegt.

Am naheliegendsten war es jedenfalls, den betreffenden Körperteil von zwei verschiedenen, meist senkrecht zueinander stehenden Seiten her zu durchleuchten, und nun aus der Kombination der beiden Bilder den Sitz des Fremdkörpers zu bestimmen; bei unserem Beispiel vom Vorderarm würden wir also zunächst wieder die Kugel aufsuchen, während die Beugeseite dem Schirm aufliegt. Sehen wir die Kugel, entfernen wir uns möglichst vom Licht; dabei wird der Arm so gehalten, daß sich die Kugel und das Auge in der Lichtachse befinden, um so gleich in dieser Lage ihren genauen Sitz zu kennen, ob sie sich z. B. mit der Ulna oder dem Radius deckt, ob sie zwischen die Knochenschatten fällt oder außerhalb derselben. Ist die eine Richtung bestimmt, drehen wir den Arm so, daß er mit der ulnaren Seite dem Schirm anliegt, stellen wiederum Kugel und Auge in die Lichtachse und bestimmen nunmehr, ob dieselbe auf der Streck- oder Beugeseite lagert.

Um die Lage genau festzuhalten, markieren wir die Punkte auf der Haut mit einem geeigneten Stift oder Dermographen; nachträglich ziehen wir, wie das v. N a r a j a n und H o l z k n e c h t angegeben haben, die gefundenen Punkte oder Linien mit dem gut zugespitzten angefeuchteten Lapisstift nach und betupfen die Stellen mit Entwicklerflüssigkeit. So behalten wir auf der Haut auch nach dem Desinfizieren gute Anhaltspunkte für den operativen Eingriff.

Einen einfachen Kunstgriff für solche Fremdkörperlokalisationen, an die sich die Operation sofort anschließt, hat P e r t h e s angegeben. Er stößt während der Durchleuchtung eine Nadel auf den Fremdkörper ein, so daß diese ihn berührt. Die Achse der Punktionsnadel muß in der Lichtachse verlaufen. Durch Drehungen des Gliedes überzeugt man sich, daß die Nadel den Fremdkörper wirklich berührt. G r ü n f e l d und H o l z k n e c h t verwenden Nadeln mit Widerhaken, um eine nachträg-

liche Verschiebung derselben zu verhüten. Auf solche Weise wird das Aufsuchen ganz wesentlich vereinfacht.

Bei den vielen Aufnahmen, die wir gerade von Fremdkörpern gemacht haben, sind wir, wenn es sich um Extremitätenabschnitte oder den Hals handelte, mit den bisher angeführten Methoden resp. ihren Kombinationen zum Ziel gekommen und haben den Sitz genauestens vorher feststellen können.

Perthes hat zu dem Zwecke, in jedem beliebigen Momente einer Fremdkörperoperation eine orientierende Röntgendurchleuchtung auszuführen, einen Tisch[1]) anfertigen lassen, unter dessen Tischplatte sich die Röntgenröhre befindet, während über derselben in einem Scharnier beweglich der Fluoreszenzschirm herauf- und heruntergeklappt werden kann. Unten am Tische befinden sich drei Pedale, welche durch die Füße des Operateurs bedient werden. Die Bewegung des Pedals 1 hebt oder senkt den Fluoreszenzschirm, die Bewegung des Pedals 2 schaltet das elektrische Licht der Operationslampe aus oder ein, während durch das 3. Pedal die Röntgenröhre in oder außer Betrieb gesetzt wird.

Grashey hat neben seinem Peridiagraph, der dazu dient, Körperteile rasch und bequem in verschiedenen Richtungen zu durchleuchten und zu röntgenographieren, ohne die Lage des Patienten zu verändern, einen Tisch[2]) speziell für Fremdkörperoperationen konstruiert, der in idealster Weise ohne Verdunkelung des Raumes zu operieren und gleichzeitig zu röntgenoskopieren gestattet.

Das Originelle dieser Methode von Grashey besteht darin, daß der Operateur mit dem einen Auge, an welchem das Kryptoskop befestigt ist, dauernd die Dunkeladaption behält, während er unter Leitung des anderen Auges operiert. Der Gebrauch dieses Tisches ist jedenfalls da, wo viel Fremdkörper zu entfernen sind, sehr praktisch. Selbst aus dem Schädel sind Kugeln unter seiner Benutzung entfernt worden.

Um sonst im Schädel, Brustkorb oder im Abdomen Fremdkörper zu lokalisieren, werden Methoden verwandt, die auf konstruktiver oder rechnerischer Grundlage beruhen.

Um keines Apparates zu bedürfen, verfahren wir nach Levy-Dorn sehr zweckentsprechend, z. B. bei einer Kugel im Thorax in folgender Weise: Die Röntgenröhre wird so eingestellt, daß sie in derselben Horizontalebene liegt wie der Fremdkörper. Nun wird eine Metallmarke um den Thorax herumgeführt, bis sich die Bilder von Marke und Kugel decken; die Marke wird an dem gefundenen Punkt mit Heftpflaster befestigt. Eine zweite Marke wird auf der entgegengesetzten Thoraxseite so aufgeklebt, daß sie sich ebenfalls mit dem Objekt deckt. Da die Röntgenstrahlen geradlinig verlaufen, so liegt der Fremdkörper auf der Verbindungslinie der beiden Marken. Jetzt läßt man den Patienten eine Wendung

[1]) Lieferant Oskar Schöppe, Leipzig, Baierische Straße 3.

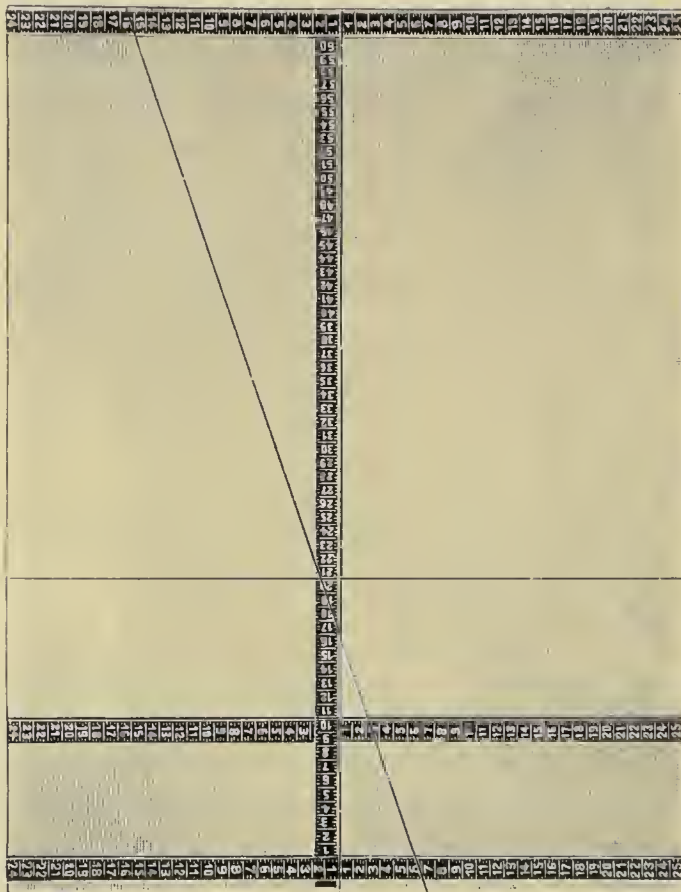
[2]) Tisch und Kryptoskop zu beziehen von der Polyphos-Elektr.-Ges. München.

machen und bestimmt genau in der geschilderten Weise eine zweite Linie. Der Fremdkörper muß dann in dem Schnittpunkt der beiden Linien liegen. Um diese zu konstruieren, bringt man ein Cyrtometer, Bleirohr oder dergleichen um den Thorax in der Höhe der Metallstücke; man markiert die Stellen, die die Metallmarke berühren, überträgt die Kurve auf Papier und zieht die erwähnten Linien.

Das Anbringen der Metallmarken fällt heute fort, man markiert diese Stellen einfach mit einem der beschriebenen Dermographen und danach mit dem Lapis.

Für alle diejenigen aber, die sich im glücklichen Besitz eines Röntgen-

Fig. 176.



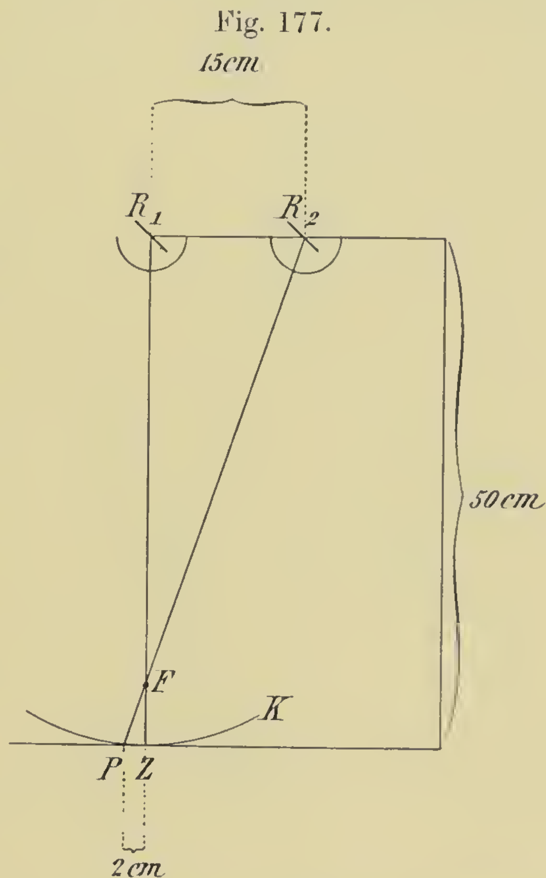
meßapparates befinden, ist die Lokalisation eines Fremdkörpers noch einfacher. Nehmen wir wieder an, es handle sich um einen Fremdkörper im Brustraum, der wegen Beschwerden operativ entfernt werden muß. Weiß man durch die Schmerzen und durch die Untersuchung, daß der Fremdkörper näher der hinteren Thoraxfläche liegt, so wird Patient mit dem Rücken, wenn der Fremdkörper näher der vorderen Brustwand liegt, mit dieser dem Leuchtschirm zugekehrt.

Die Entfernung zwischen Brennfleck der Röhre und Bariumschirm wird genauestens auf 50 cm eingestellt (wenn der Patient korpulent ist auf 60 cm). Da es hier auf größte Genauigkeit ankommt, muß der Patient absolut sicher und ruhig gelagert sein. Er soll oberflächlich atmen und auf Kommando die Atmung anhalten.

Nunmehr wird der Fremdkörper nach Einschalten der Röhre in die Lichtachse gebracht, so daß er sich mit dem in der Mitte des Durchleuchtungsschirms angebrachten Schreibstift deckt; dieser Punkt wird auf der Brustoberfläche markiert.

Nun wird die Röhre in der gleichen Körperebene seitwärts geführt, z. B. 15 cm; dadurch erscheint der Fremdkörper nach der entgegengesetzten Seite auf dem Leuchtschirm verschoben. Auch dieser Punkt wird auf dem Brustkorb markiert und nun die Entfernung zwischen den beiden Schatten mit dem Zirkel gemessen, beispielsweise gleich 2 cm. Wir müssen nun nach Galeazzi aus den gefundenen Zahlen berechnen oder aus einem gezeichneten Schema messen, wie viel Zentimeter senkrecht unter dem markierten Hauptpunkt der Fremdkörper liegt. Das letztere ist das bequemste. Dazu bedient man sich eines Apparates, wie ihn obenstehende Fig. 176 zeigt. Die Senkrechte mit nebenbefindlicher Zentimetereinteilung läuft in der Mitte des Brettes; oben bei 60 cm durchquert das Brett eine zur ersten Linie rechtwinklige Gerade, desgleichen unten bei 1, 10 und 20 cm. Ein Faden hängt über das ganze Brett von oben nach unten.

Fig. 177.



In unserem Fall spannt man also von links oben bei 15 zu der Querlinie (in 50 cm Entfernung) bei 2 und liest so auf der Mittelsenkrechten die Tiefe des Fremdkörpers bei 5,9 cm sofort ab.

Rechnerisch gelangt man zu demselben Resultat.

In der Fig. 177 bedeutet R_1 den ersten Stand der Röhre, wenn sich der Fremdkörper F in der Lichtachse befindet und auf dem Leuchtschirm im Punkte Z der Zeichenvorrichtung erscheint.

R_2 ist der zweite Stand der Röhre, um 15 cm seitwärts gelegen, und P der auf dem Leuchtschirm erschienene Schatten von F, 2 cm seitlich von Z.

Aus diesen Linien entstehen zwei ähnliche (in denen alle Winkel untereinander gleich sind) Dreiecke $F R_1 R_2$ und $F Z P$. Es verhält sich in denselben die in Zentimeter gesuchte Seite FZ zu 2 wie FR_1 zu 15, oder in Form einer Gleichung:

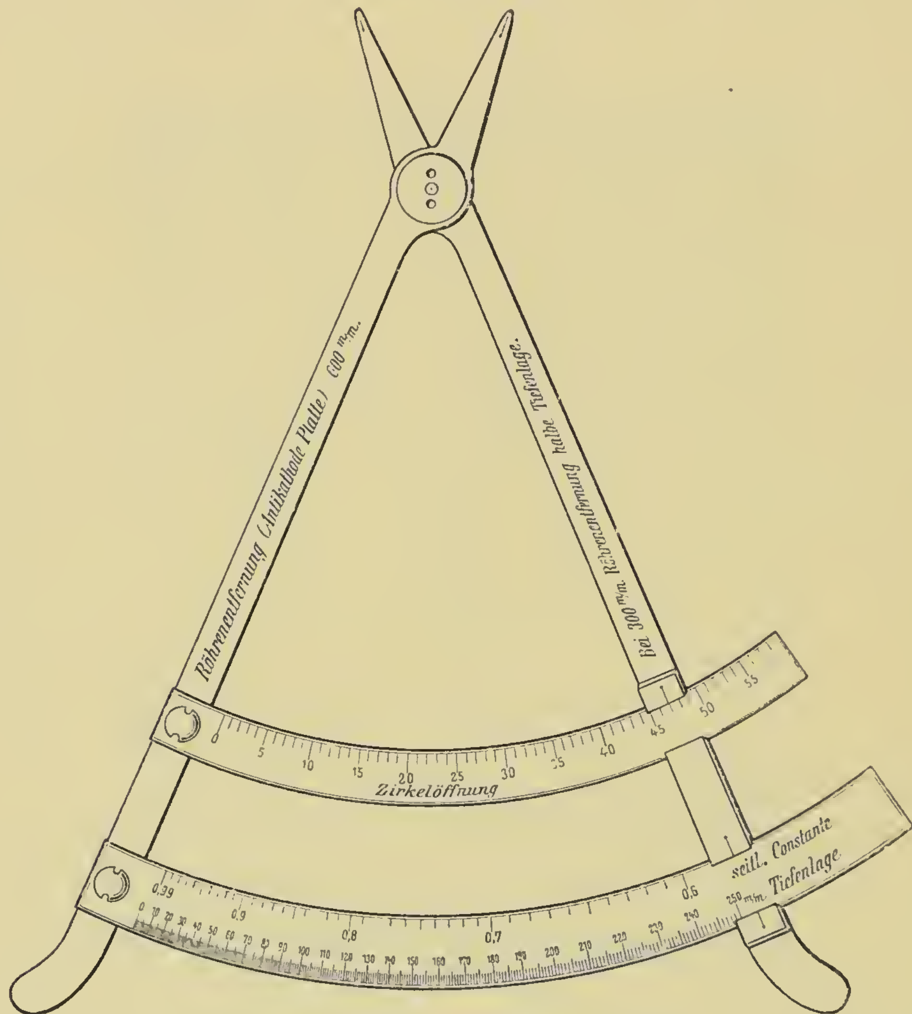
$$\frac{FZ}{2} = \frac{FR_1}{15}.$$

Anstatt FR_1 setzen wir $50 - FZ$ und erhalten

$$15\,FZ = 2\,(50 - FZ),$$
$$15\,FZ = 100 - 2\,FZ,$$
$$17\,FZ = 100,$$
$$FZ = \frac{100}{17} = 5{,}8823 \text{ cm}.$$

Nach beiden Methoden ergibt sich also, daß der Fremdkörper 5,88 cm senkrecht unter dem zuerst auf der Haut markierten Punkte liegt; nur

Fig. 178.



muß man die Entfernung zwischen Haut und Schirmoberfläche in Millimetern von dieser Zahl abziehen.

Außerordentlich vereinfacht hat Fürstenau die Ermittlung der Lage von Fremdkörpern innerhalb des menschlichen Körpers durch seinen Tiefenmesser (Fig. 178) und eine Doppelaufnahme auf dieselbe Platte, ohne die Lage des Patienten zu ändern. Um die Lage eines Fremdkörpers innerhalb des Brustkorbes genau zu bestimmen, wird zuerst z. B. auf der vorderen Thoraxfläche ein Fixpunkt im Bereich der vermuteten Fremdkörperlage mit Höllenstein angezeichnet und hier ein kleines Metallkreuz mit Heftpflaster befestigt. Nunmehr wird der Patient sorgsam auf der Platte in Rückenlage gelagert und am

besten mit Hilfe einer Stereoröhre (Röhre mit doppelter Antikathode) ein Doppelbild des in Frage kommenden Objektes (Fremdkörpers) und des Metallkreuzes hergestellt. (Hat man keine Stereoröhre, so nimmt man eine gewöhnliche Röhre, zentriert auf das Metallkreuz, macht eine Aufnahme; verschiebt dann die Röhre $6^1/_2$ cm seitlich und macht sofort die zweite Aufnahme.) Die senkrechte Entfernung Antikathode-Platte muß dabei 60 cm betragen, und bei Verwendung der Stereoröhre wird mit der einen von beiden Antikathoden auf das Metallkreuz zentriert.

Es entstehen also auf der Platte oder auf dem Schirm zwei Bilder des Metallkreuzes und zwei des Fremdkörpers.

Fig. 179.

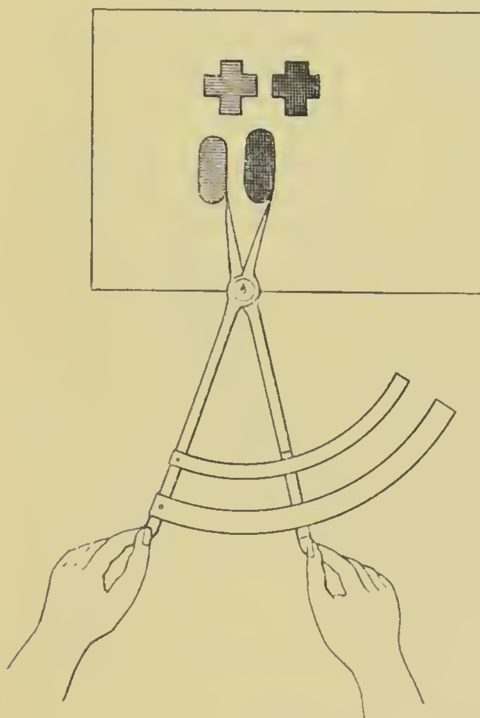
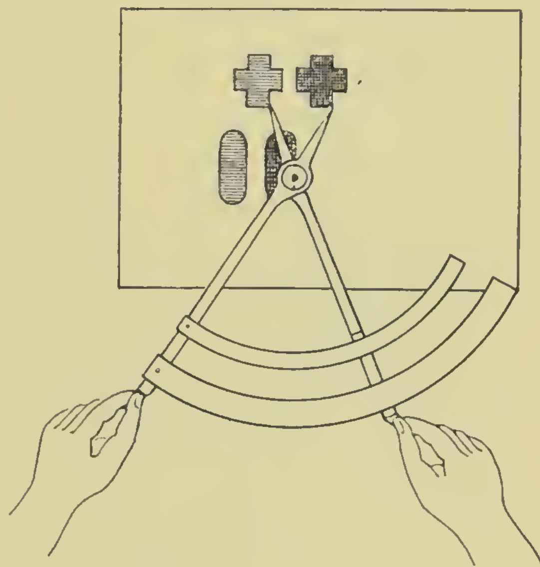


Fig. 180.



Auf zwei korrespondierende Punkte der beiden resultierenden Fremdkörperschatten werden die Spitzen des Röntgentiefenmessers aufgesetzt (Fig. 179) und nunmehr auf der untersten mit „Tiefenlage" bezeichneten Skala die wirkliche Tiefenlage des Fremdkörpers abgelesen; d. h. bei einer ventrodorsalen Aufnahme, in welcher Tiefe, vom Rücken aus gemessen, der Fremdkörper seinen Sitz hat. Will man statt dieser jedoch die Tiefenlage von der vorderen Seite aus gemessen feststellen, so hat man nur die auf dem Instrument abgelesene Tiefenlage vom betreffenden Körperdurchmesser zu subtrahieren.

Letzteren erfährt man dadurch, daß man die Spitzen des Tiefenmessers auf entsprechende Punkte der Fixpunktschattenbilder aufsetzt (vgl. Fig. 180) und wieder auf der untersten mit Tiefenlage bezeichneten Skala die senkrechte Entfernung des Fixpunktes von der Platte = dem betreffenden Körperdurchmesser abliest.

Von dieser Zahl subtrahiert man die erstgenannte Zahl und erhält

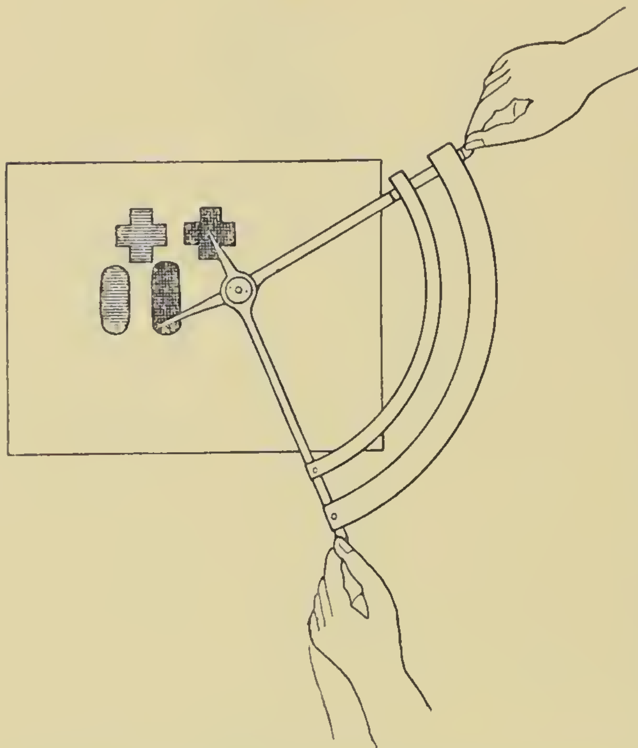
als Resultat, um wie viel Millimeter die Ebene, in welcher der Fremdkörper liegt, senkrecht unterhalb des Metallkreuzes liegt.

Zur Ermittlung der seitlichen senkrechten Entfernung liest man gleichzeitig bei Ermittlung der Tiefenlage (vgl. Fig. 179) die seitliche Konstante auf der zweituntersten Skala des Tiefenmessers ab.

Dann setzt man die Spitzen des Tiefenmessers (vgl. Fig. 181) auf die Mitte des unverzeichneten Metallkreuzschattenbildes und das dazu gehörige Schattenbild des Fremdkörpers, und liest nun auf der obersten mit Zirkelöffnung bezeichneten Skala die hier verzeichnete Zahl ab.

Diese Zahl wird mit der vorher abgelesenen Zahl der „seitlichen Konstante" multipliziert. Das Resultat gibt die senkrechte seitliche Entfernung des Fremdkörpers von dem Fixpunkt (Metallkreuz) in Millimetern an.

Fig. 181.



Durch die Messung der Tiefenlage und der senkrechten seitlichen Entfernung ist also die räumliche Lage des Fremdkörpers eindeutig bestimmt.

Um jedoch eine wirklich anschauliche Vorstellung von der Lage des Fremdkörpers im Körperinnern in bezug auf naheliegende knöcherne oder Weichteilpunkte zu erhalten, dazu dient außerordentlich gut das Stereoskopverfahren, wie wir es früher geschildert haben. Nur merke man sich, um keine falsche Plastik zu erhalten, daß die beiden Platten auch richtig zueinander stehen. So muß man bei Aufnahmen, die in Rückenlage, also ventrodorsal, hergestellt sind, im Stereoskop die Illusion haben, daß man von hinten in den Körper hineinsieht.

Von Drüner und Gillet sind außerdem stereoskopische Meßverfahren angegeben worden, die gleichfalls mit absoluter Genauigkeit die Lokalisation von Fremdkörpern gestatten; die eingehende Schilderung ihrer Verfahren würde hier zu weit führen.

Unermeßlich ist die Zahl von Mitteilungen über den Nachweis von Fremdkörpern. Nadeln in Händen und Füßen, Kugeln in allen Körperteilen, vom Schrotschuß in der Hand (vgl. Fig. 182) bis zum Projektil im Kopf und in der Hüfte, sind nachgewiesen worden. Glassplitter, in den Fuß getreten, oder Scherbenreste konnten differenziert werden. Da wir sicher sind, jeden metallischen Fremdkörper auf dem Schirm

oder der Platte darstellen zu können, sind wir auch in der Lage, Leute, bei denen sich gelegentlich der Röntgenuntersuchung nichts findet, über

Fig. 182.



Schrotschuß im Daumen.

An der Beugeseite des Daumens befindet sich das Bild eines Konglomerats von mehr als 30 kleinen Schrotkörnern. Störungen verursachten dieselben nicht.

ihre Klagen und ihre Angst zu beruhigen. So klagte z. B. ein junges Mädchen über heftige Schmerzen in der Ferse und behauptete, daß sich eine Nadel in derselben befinden müsse. Eine Einstichöffnung war nicht mehr

zu sehen. Eine zweimalige Röntgenaufnahme bewies, daß nichts Abnormes im Fuß vorhanden war. Patientin sah die Bilder und war am nächsten Tage schmerzfrei und gesund.

Betrachten wir nunmehr den Körper topographisch von oben nach unten. Die wichtigsten Fremdkörper, die im Schädel[1]) nachgewiesen

Fig. 183.



Kopfschuß.

Seitliche Schädelaufnahme einer Patientin, die einen Revolverschuß erhielt. Die Kugel drang vorn durch die Wange in den linken Oberkiefer ein. Die Kugel fand sich — lokalisiert mit Hilfe einer zweiten Sagittalaufnahme — in der äußersten oberen Ecke der Highmorshöhle, wahrscheinlich in deren Wand, zum Teil in den untersten Siebbeinzellen, zum Teil in dem oberen Nasenrachenraum. Die Operation bestätigte die Lokalisation (Haenisch-Hamburg).

und lokalisiert worden sind, sind die Projektile. Es gelingt nicht allein auf der photographischen Platte, sondern auch auf dem Schirm,

[1]) Bei allen Schädelaufnahmen wende man, dem Rate Grasheys folgend, ein Filter an: Eine Watteschicht, ein Ledertuch oder 1 mm Aluminiumblech (Haarausfall!!).

dieselben zu sehen. Hier wie sonst ist die richtige Deutung der Bilder, die exakte Lokalisation, von eminenter Bedeutung, da Täuschungen bezüglich des Sitzes bei eventuellen nötigen Eingriffen zu den schwersten Schädigungen des Patienten führen können. Deshalb fordert Schmidt mit Recht, daß der frontalen und sagittalen Aufnahme eine horizontale hinzugefügt wird derart, daß der Scheitel auf der Platte liegt und die Strahlen in axialer Richtung vom Kinn aus durch den Kopf gesandt werden (Schultern hochgelagert, Kopf rückwärts gebeugt). Wir konnten Projektile nachweisen im Innern der Schädelhöhle und solche, die im Gesichtsschädel lagen. Für die Fälle von Kopfschüssen, wo ein chirurgischer Eingriff infolge schwerer, nicht weichender Symptome oder qualvoller Schmerzen geboten erscheint, ist die Aufnahme von sehr hohem Werte. Erstlich wird die Operation sehr erleichtert oder der Eingriff überhaupt in der rechten Weise möglich gemacht, dann können wir aber vor allen Dingen schon vor der Operation feststellen, ob die schweren Symptome durch die Lage des Projektils hervorgerufen werden, oder ob die Zerstörungen im Bereich des Schußkanals und eine eventuelle Infektion die Ursache sind. Im letzten Falle läßt man die Kugel in Ruhe und richtet sich bezüglich des chirurgischen Eingriffs nach den klinischen Symptomen, wenn man überhaupt einen Erfolg erwartet. So lag es in einem unserer Fälle. Patient hatte quälende Schmerzen im Bereich der Stirnhöhle, wo die Kugel eingedrungen war. Die Röntgenaufnahmen ergaben, daß die Kugel innen am linken Processus coronoideus mandibulae lag. Nach der Trepanation fand sich eine große Abszeßhöhle im rechten Stirnlappen.

Oft sind Kugeln entsprechend den Aufnahmen mitten aus dem Gehirn entfernt worden. Ein zu langes Suchen und damit einhergehende unnötige Zertrümmerungen von Gehirnsubstanz werden jedenfalls möglichst vermieden; darin stimmen alle diesbezüglichen Veröffentlichungen überein.

Daß es von Interesse sein kann, Fremdkörper, die in der Nase stecken geblieben sind, auf dem Schirm zu konstatieren, bedarf keiner weiteren Ausführung. Man kann durch das Schirmbild erkennen, ob dieselben metallischer oder anderer Art sind, und seine therapeutischen Maßnahmen nach dem Bilde einrichten.

Über die diesbezüglichen Resultate bei Augenverletzungen müssen wir etwas eingehender wegen ihrer Wichtigkeit sprechen.

Anfangs glaubte man allerdings, und durch die anatomische Lage war dieser Zweifel wohl begründet, daß eine Durchleuchtung des menschlichen Auges nutzlos sei, zumal die hier in Betracht kommenden Fremdkörper im allgemeinen sehr klein sind. Indessen wurden unsere Erwartungen bald übertroffen. Bereits Mitte des Jahres 1896 gelang es Opitz, die erste wohlgelungene Augenaufnahme zu machen. Es handelte sich um einen Patienten, bei dem man einen Fremdkörper im Auge vermutete, doch konnte er mit den üblichen Untersuchungsmethoden nicht gefunden

werden. Bei der Aufnahme wurde eine kleine Platte (9 : 12) von der temporalen Seite her an das Auge angedrückt, die Röhre schickte ihr Licht schräg durch den Kopf von der anderen Seite, so daß der Platinspiegel gegenüber einer Stelle etwas oberhalb und hinter dem Ohr stand. Kurz gesagt, der Versuch glückte vollkommen, der metallische Fremdkörper war genau auf der Platte zu sehen.

Es wurde durch viele weitere ausgezeichnete Resultate schon im ersten Jahre der Röntgenära der Beweis erbracht, daß erstlich überhaupt Fremdkörper in den Augenhöhlen nachgewiesen werden können, ferner, daß diese Fremdkörper sogar von recht bescheidener Größe sein dürfen.

Jedenfalls ist man trotz aller dieser und der neuerdings veröffentlichten Fälle nicht berechtigt, wie bei der Bestimmung von Fremdkörpern an manchen anderen Körperteilen, das Vorhandensein eines solchen zu verneinen, wenn uns eine Aufnahme ein negatives Resultat gebracht hat. Wir empfehlen noch heute, daß bei negativem Ausfall mehrere Aufnahmen mit veränderter Stellung der Röhre gemacht werden, damit das Bild des eventuellen Fremdkörpers vor resp. hinter dem Orbitalrand erscheinen kann.

Einige praktische Winke, die sich uns bewährt haben, wollen wir noch mitteilen. Bei der Schirmbetrachtung empfiehlt es sich, ganz besonders sorgfältig abzublenden, damit unser Auge exakt vor Nebenlicht geschützt ist. Man wird so selbst recht kleine Fremdkörper auch auf dem Schirm finden. Zur genauen Lokalisation und Sicherstellung soll man hier bei der enormen Wichtigkeit der Diagnose und Bedeutung des eventuellen Eingriffs immer noch einige Röntgenogramme in verschiedenen Ebenen[1]) anfertigen, nachdem man sich zur genauen Orientierung einige Punkte am äußeren Auge markiert hat. Wir haben z. B., wie das zuerst Stöckl-Wien getan hat, je ein kleines Bleistückchen an den äußeren und inneren Augenwinkel und ein solches in die Mitte des oberen Orbitalrandes genau senkrecht über der Corneamitte bei geradeaus schauendem Auge geklebt. Zwei Aufnahmen haben zur Lokalisation stets genügt, und zwar eine in der Weise, daß wir eine photographische Platte von 9 : 12 cm über das kranke Auge vermittels eines Polsters parallel zur Frontalebene des Kopfes gebunden und das Licht genau von hinten geschickt haben. Zur zweiten Aufnahme haben wir gewöhnlich eine Platte 13 : 18 cm genommen, dieselbe seitlich an den Kopf mit einer Mullbinde parallel zur Sagittalebene des Kopfes festgewickelt und nun das Licht von der entgegengesetzten Seite durch den Kopf wirken lassen. Das Auge befand sich bei beiden Aufnahmen in der Lichtachse, zur zweiten brauchte nur der innere Augenwinkel durch Blei markiert zu sein.

Allgemein wollen wir noch betonen, daß für eine genaue Fixation

[1]) Vergl. S. 298, unter dem Text.

des Kopfes zu sorgen ist (der Patient beißt am besten in ein in Mundhöhle fixiertes Brettchen) und dafür, daß Patient mit dem freien gesunden Auge einen Punkt sorgsam fixiert, und zwar bei der ersten orientierenden Aufnahme ganz geradeaus, bei den weiteren einen seitlich höher oder tiefer gelegenen, je nachdem man den oberen oder unteren hinteren Bulbusabschnitt der Platte nähern will.

Für den Nachweis, ob ein Fremdkörper innerhalb oder außerhalb des Bulbus lokalisiert ist, eignen sich die von Köhler und von Cowl angegebenen Methoden. Nach Köhler markiert man an der Wand gegenüber dem Patienten zwei weit voneinander entfernte Punkte; den einen fixiert Patient während der ersten Hälfte, den anderen während der zweiten Hälfte der Belichtungszeit. Zeigt die Platte einen doppelten Schatten, so sitzt der Fremdkörper meist im Bulbus; liegt er außerhalb des Bulbus, bleibt der Schatten einfach und scharf. Cowl empfiehlt die Vertikalprojektion auf eine in der Mundhöhle gehaltene Platte.

Fig. 184.



Kugel im Thorax.
Patient hat bei der Aufnahme auf dem Rücken gelegen, da nach dem objektiven Befunde feststand, daß die Kugel in der hinteren Hälfte des Thorax liegen mußte. Wir sehen das Projektil etwas deformiert vor der 4. Rippe liegen. Die sonstigen Verhältnisse des Brustkorbes und der Schultern sind normal.

Übrigens müssen wir hier noch einen unserer Befunde mitteilen, der von großem praktischen Interesse ist. Aus dem Auge eines Patienten war nach Röntgenaufnahmen ein metallischer Fremdkörper entfernt worden. Trotzdem ergaben nachträgliche Aufnahmen an derselben Stelle wie vorher wieder einen Schatten, der allerdings nicht mehr ganz so tief, aber von derselben Form war. Dieser Schatten ist so zu erklären, daß das den Fremdkörper umgebende Gewebe narbig verändert und mit Oxydationsprodukten geladen war und so trotz Entfernung des Fremdkörpers noch lichtabsorbierend wirkte. Dies mahnt zur Vorsicht bei Deutung der Augenbilder.

Absolut notwendig ist es übrigens, die in doppelt schwarzes Papier eingewickelte Platte, wenn sie frontal dem Auge angelegt wird, noch mit einer Watte- und Guttaperchaschicht zu bedecken, damit keine Tränenflüssigkeit bis zur lichtempfindlichen Schicht durchdringt.

Zahlreich sind auch die Mitteilungen, daß man Fremdkörper im Ösophagus zur Darstellung bringen und in der Regel recht gut durch die Betrachtung auf dem Schirm lokalisieren konnte. Die einen entdeckten auf diese Weise verschluckte Münzen, andere sonstige metallische Gegenstände; auch im Schlund sitzen gebliebene Gebisse wurden oft lokalisiert. Wichtig ist hier die Durchleuchtung im ersten schrägen Durchmesser.

Niehues, Opitz und andere haben Arbeiten gebracht über die

Fig. 185.



Murphyknopf in abdominc.

Der Knopf liegt vor dem oberen inneren Teil der rechten Darmbeinschaufel; er erscheint kreisrund mit einer Öffnung in der Mitte; wir sehen also durch denselben in der Richtung seines Kanals. Zu beachten ist an dem Bild neben anderem die künstlich erzengte Coxavarastellung beider Schenkelhälse.

Lokalisation von Fremdkörpern in den tiefen Luftwegen und über ihre nachherige Entfernung.

Zahlreich sind die Veröffentlichungen über Lokalisation von Kugeln im Inneren oder in den Wandungen des Thorax (vgl. Fig. 184).

Von den durch den Darm wandernden Fremdkörpern interessieren neben solchen, die zufällig oder absichtlich durch den Mund aufgenommen sind, die Murphyknöpfe. Es ist, wie Kümmell bereits auf dem Chirurgenkongreß 1898 betonte, möglich, diesen zu Heilzwecken eingeführten Fremdkörper auf seinen Wanderungen zu verfolgen und sichere Auskunft

über seinen Verbleib zu geben. Wir können also einmal feststellen, ob sich der Murphyknopf überhaupt noch im Darmtraktus befindet oder nicht, zumal er gelegentlich vom Wartepersonal in den Fäces übersehen wird, und nun sein Erscheinen vergeblich erwartet wurde. Anderseits können wir auch ungefähr die Stelle des Darms angeben, wo er sich gerade befindet. Röntgenographieren wir z. B. eine Person, wo der Magen mit einer Dünndarmschlinge durch den Knopf vereinigt wurde, und finden wir denselben auf dem Bilde an der der Operation entsprechenden Stelle, so wissen

Fig. 186.



Murphyknopf in abdomine.

Derselbe liegt etwa in der Mitte des kleinen Beckens, und zwar sehen wir denselben in Seitenansicht, so daß seine beiden Hälften durch eine beiderseitige Einkerbung wohl zu unterscheiden sind.

wir, daß seine Loslösung hier noch nicht erfolgt ist. Zeigt das Bild den Knopf in der rechten Fossa iliaca, schließen wir auf seinen Sitz im Cöcum. Finden wir ihn mehr auf der linken Seite unten, verlegen wir ihn in das Colon descendens oder sigmoideum.

Einen anderen interessanten Fall illustriert Fig. 187. Es handelte sich um einen Patienten, der, um sich zu schädigen, verschiedene Fremdkörper verschluckt hatte, so einen Nagel, ein Blechstück und einen Kieselstein. Es war wertvoll, sich genau über die Zahl der aufgenommenen Corpora aliena zu orientieren, ihre Wanderung zu verfolgen und schließlich ihren definitiven Abgang aus dem Darm objektiv nachzuweisen.

Noch in einer Hinsicht sind uns am Abdomen die Röntgenbilder wertvoll gewesen, nämlich bei solchen Patienten, bei denen nach Laparotomien oder Bruchoperationen versenkte Silberdrähte eingeheilt waren, die dann später zu neuralgischen Beschwerden führten. So konnte Kümmell bei einem Patienten durch Röntgenographie von der Rückenseite her einen Silberdraht in der Bauchnarbe nachweisen, wo er schon früher alle entfernt zu haben glaubte. Ein bestimmter

Fig. 187.



Verschluckte Fremdkörper im Abdomen.

Quer vor dem 2. Lendenwirbel befindet sich ein regenschirmartiger Schatten mit seinem Griffteile rechts oben, mit seiner Spitze links unten liegend. Bei genauer Betrachtung sieht man den Schatten des dünnen Körpers den breiteren Schatten längs durchdringen. Wie hienach vermutet, handelte es sich um eine Art Nagel und ein breiteres Metallstück, deren Schatten sich teilweise auf dem Bilde decken. Vor dem rechten Ileosakralgelenk befindet sich ein ovaler Schatten, der, wie sich bald herausstellte, von einem pflaumengroßen Kieselstein herrührte. Sehr deutlich ist die Zeichnung der Lendenwirbelsäule; auffallend steil verlaufen die Darmbeinschaufeln. Patient hat bei der Aufnahme auf dem Bauch gelegen.

Schmerzpunkt bestand nicht, vielmehr waren es mehr diffuse Schmerzen im alten Operationsgebiet. Die Operation bestätigte den Befund. Ohne Röntgenaufnahme hätte man jedenfalls ganz aufs Geratewohl einschneiden müssen.

Da Jodoform einen recht dunklen Schatten wirft, ist man auch imstande, dasselbe nach Injektionen im Körperinnern zu sehen. Auf diese Weise können wir uns einmal überzeugen, ob bei Gelenktuberkulosen, die mit Jodoformglyzerininjektionen behandelt werden, das Medikament an die richtige Stelle gebracht ist, anderseits können wir den Resorptions-

prozeß desselben verfolgen und damit die eventuelle Notwendigkeit neuer Injektionen erweisen.

Fistelgänge, die mit Jodoform- oder Wismutpaste nach Beck angefüllt sind, geben gleichfalls klare Bilder.

Albers-Schönberg hat auch durch Jodipininjektionen veranlaßte Kalkabsonderungen in der Muskulatur nachgewiesen.

Was wir oben vom Silberdraht gesagt haben, dasselbe gilt von Metallnägeln, Elfenbeinstiften, Schrauben und Platten, welche zum Zweck der Knochenvereinigungen dem Körper einverleibt sind usw.

Pathologische Konkremente.

An dieser Stelle wollen wir der im Körper selbst sich bildender Fremdkörper gedenken, der Gallen-, Blasen- und Nierensteine.

Der Nachweis der Gallensteine auf der Röntgenplatte ist bis heute in nur ganz vereinzelten Fällen gelungen. Bis zum Jahre 1898 wurde uns nur bekannt, daß Buxbaum im Wiener medizinischen Klub vier Röntgenogramme gezeigt, auf denen man deutlich größere und kleinere Steine der Gallenblase differenzieren konnte. Wir schlossen nach unseren damaligen Erfahrungen, daß in diesem Falle die Zusammensetzung der Steine eine für Röntgenstrahlen recht undurchlässige gewesen sein müsse, und daß es gerade bei den Gallensteinen auf ihre jeweilige chemische Beschaffenheit zwecks Röntgendarstellung ankomme.

Wir sind noch heute bezüglich der Gallensteine derselben Ansicht. Denn auch in den letzten Jahren konnten dieselben nur in einigen wenigen Fällen röntgenographisch fixiert werden.

Beck-New York berichtet, daß er bis Herbst 1899 unter 97 Bildern zweimal Gallensteinschatten erzeugen konnte; dabei waren sie so undeutlich, daß er ihnen keine diagnostische Bedeutung beimaß. In den letzten Jahren ist Beck die Darstellung häufiger gelungen, so daß er die Darstellungsfähigkeit aller Arten von Gallensteinen (genuine Gallensteine, einfache Cholesterinsteine, geschichtete Cholesterinsteine, Bilirubinkalksteine, gemischte Bilirubinkalksteinchen, Kalkkarbonate, kombinierte Steine) mit größerer und geringerer Deutlichkeit, je nach der Zusammensetzung, für möglich hält. Die einfachen Cholesterinsteine zeigen einen geringeren Schatten, den deutlichsten diejenigen mit reichlichem Kalkgehalt.

Notwendig ist eine ausgesucht gute, weiche oder mittelharte Röhre (6 oder 6—7 W.), Abblendung und eine richtige Lagerung. Beck bevorzugt die Bauchlage; durch Unterschieben von Kissen unter die Schlüsselbeingegend und die linke Körperhälfte wird die Gallenblasengegend der Platte möglichst genähert und nun bei einem Projektionswinkel von 45—55° schief durchstrahlt, um möglichst wenig Lebergewebe durchdringen zu müssen. Außerdem ist eine gründliche Entleerung des Darms und nach-

herige Verabreichung von Opium zur Herabsetzung der Peristaltik nötig. Beck empfiehlt ferner, die erste Aufnahme mit einer weichen Röhre, die zweite mit einer härteren Röhre vorzunehmen; desgleichen die Expositionszeiten zu variieren.

So wies Beck auch in den interhepatischen Gängen Steine nach. Wir stimmen ihm bei bezüglich der Wichtigkeit der Röntgendiagnose und auch seinen ferneren Worten: Ein positives Bild ist ein absoluter Beweis für das Vorhandensein von Gallensteinen; ein negatives Resultat beweist nichts gegen die Anwesenheit von Cholelithiasis.

Beclère empfiehlt, zur Gallensteinaufnahme den Magen mit Luft zu füllen (Natr. bicarb. 4 g + Acid. tartar. 4 g) und bei Atemstillstand mit harter Röhre bei kurzer Expositionszeit zu röntgenographieren. Übrigens mehren sich neuerdings die gelungenen Aufnahmen, und Albers-Schönberg betont mit Recht, daß die nachweisbaren Gallensteine (als Konkremente mit Kalkschalen) oft in Ringform erscheinen.

Günstiger liegen die Verhältnisse in bezug auf die Blasensteine; schon 1898 zeigte Kümmell auf dem Chirurgenkongreß unsere erste wohlgelungene Aufnahme. Er führte damals aus: „Wenn wir auch reiche Hilfsmittel besitzen, um die Steine der Blase dem Auge und der fühlenden Hand erkennbar zu machen, so möchte ich es doch für nicht unwesentlich halten, wenn man auf schmerzlose Weise, ohne jede Belästigung des Kranken, den Inhalt der Blase, soweit es sich um Steine handelt, auf der photographischen Platte dem Gesichtsinne je nach ungefährer Größe, Gestalt und Zahl zugänglich macht.“

Die Blasensteine können mit Hilfe der Röntgenstrahlen heute in den meisten Fällen nachgewiesen werden. Wir bevorzugen im allgemeinen die Rückenlage und bringen den oberen Symphysenrand in die Lichtachse. Die Platte 18 : 24 oder 24 : 30 liegt so unter der Kreuz- und Steißbeingegend, daß sie zwischen den Beinen noch eben von oben sichtbar ist.

Wie bei den meisten lokalen Bauchaufnahmen, so ist auch hier die Anwendung der Kompressionsblende sehr empfehlenswert. Dieselbe wird entweder auf den oberen Rand der Symphyse zentriert oder dringt oberhalb derselben leicht schräg kaudalwärts in das Abdomen ein.

Nachdem Wittek-Graz die Darstellung von Steinen in der luftgefüllten Blase mit bestem Erfolg geglückt war, hat Albers-Schönberg den Sauerstoffapparat (Wollenberg-Dräger) zur Füllung der Blase benutzt. Der Katheter (metallen oder elastisch) bleibt liegen und wird nach Prallfüllung der Blase abgeklemmt, der Penis erhält außerdem eine Gummischlauchumschnürung über dem Katheter. Auch hier soll der Darm, besonders das Rektum, gut entleert sein.

Um die dicken Massen der Beckenknochen, Eingeweide und Weichteile auszuschalten, hat Seiffart-Nordhausen schon 1897 kleine, durch Guttapercha geschützte Platten in die Vagina oder das Rektum

eingeführt. Auch in Bauchlage kann die Röntgenaufnahme gemacht werden. Der obere Symphysenrand liegt dann im Zentrum der Platte, die Röhre steht etwas abwärts zentriert.

Ich will nur noch erwähnen, daß auch alle möglichen anderen Fremdkörper in der Blase gefunden worden sind.

Der Nachweis, ob besonders kleine Schatten von Steinen der Blase oder der unteren Ureterabschnitte herrühren, wird durch die sonstige Untersuchung geführt.

Fraenkel hat Verkalkungen der Samenleiterampulle gezeigt und

Fig. 188.



Blasenstein.

Die Patientin kam zu Haenisch-Hamburg wegen Verdacht auf Blasenkonkremente: es zeigten sich drei Steinschatten im Bereich der Blase. Der Chirurg fand innerhalb der Blase nur einen Stein und nach weiterem Suchen auf Grund des Röntgenbildes die beiden anderen Konkremente im rechten erweiterten Ureter, dicht vor seinem Eintritt in die Blase. Mit Recht weist Haenisch darauf hin, daß sich ohne Röntgenogramm der Chirurg sicher mit der Entfernung des einen Steins in der Blase begnügt hätte, ferner daß Steinschatten in der Blasengegend, selbst bei so bedeutender Steingröße, gelegentlich dem erweiterten Ureter angehören.

gewarnt vor Verwechslung mit Harnleiter- und Blasensteinen (wichtig ist das meist symmetrische Befallensein der Samenleiter).

Albers-Schönberg, Forssell-Stockholm und andere haben Prostatakonkremente nachgewiesen.

Forssell empfiehlt für Prostata- sowie für Blasenaufnahmen folgende Technik:

1. Der Patient wird auf den Rücken mit gestreckten Beinen gelagert, damit die Beckeneingangsachse so senkrecht wie möglich gegen die Platte gerichtet wird.

2. Die Platte wird so gelegt, daß ihr unterer Rand ungefähr 2 Finger breit vor der Glutäalfalte steht.

3. Die Zylinderblende (8—10 cm) wird mit dem vorderen Rand gegen die Symphyse eingestellt und unter Zwischenlagerung eines Luffaschwamms schräg abwärts ins Abdomen eingepreßt.

Als Kriterium, daß die Einstellung gelungen ist, bezeichnet Forssell, daß das Foramen obturatum nur als ein schmaler Spalt, daß ferner hauptsächlich die obere Fläche der Symphyse projiziert wird. Die Aufnahmen von Forssell sind von außerordentlicher Schönheit.

Die große Bedeutung der sicheren Diagnose einer Nephrolithiasis durch die Röntgenuntersuchung ist heute allenthalben anerkannt, und die Berichte über Nierensteinaufnahmen sind äußerst zahlreich. Der Weg von unseren ersten Versuchen an der Leiche 1896/97 bis zu der jetzt sorgsam ausgebildeten Technik war ein recht langsamer und mühseliger.

Wir und andere hatten schon damals Experimente angestellt über die Durchlässigkeit der verschieden zusammengesetzten Steine, und es steht nach diesen Untersuchungen, die von Ringel, Wagner, Leonard, Beck, Albers-Schönberg und Rumpel erweitert und ergänzt wurden, fest, daß am undurchlässigsten für Röntgenstrahlen diejenigen Steine sind, die viel kohlensauren Kalk enthalten; an zweiter Stelle befinden sich die Oxalatsteine, an dritter die Phosphat- und an letzter die harnsauren Steine. Zweifellos ist die chemische Beschaffenheit der Steine für die bildliche Darstellung von Bedeutung, doch haben wir dieselbe früher ganz bedeutend überschätzt. Die wahre Schwierigkeit des Nierensteinnachweises lag vielmehr in der wenig sorgfältig ausgebildeten Röntgentechnik.

Geht doch Rumpel in seinem ausgezeichneten Werk: „Die Diagnose des Nierensteins“[1]) so weit, auszusprechen: Wir haben die Überzeugung, daß jeder Stein, mag er im Nierenbecken, in den Kelchen oder im Harnleiter sitzen, mag er aus Oxalsäure oder aus Harnsäure, aus phosphorsaurem Kalk oder Cystin bestehen, mag er die Größe einer Erbse oder die eines korallenartigen Ausgusses des Nierenbeckens oder der Kelche haben, mag er endlich von einem schlanken oder auch korpulenten Menschen beherbergt werden, daß jeder Stein auf der photographischen Platte mittels Röntgenstrahlen dargestellt werden kann, *unter der Voraussetzung einer gut durchgeführten Technik*.

Und C. und P. Llaberia schließen schon 1900 aus ihren sorgfältigen Untersuchungen: Die Diagnose über Nierensteine ist auf röntgenographischem Wege möglich in allen Fällen, wo nicht folgende drei Umstände zusammentreffen:

1. Außerordentliche Körperfülle des Patienten;
2. Winzigkeit des vorhandenen Steines;
3. transparente Natur desselben.

Haenisch hat 1908 in seinem vortrefflichen Werk: „Röntgendiagnostik des uropoetischen Systems“[2]) an der Hand seines Materials und desjenigen von Albers-Schönberg dargetan, daß auf 303 Nierensteinuntersuchungen im ungünstigsten Falle ein Gesamtirrtum

[1]) Hamburg 1903, Lucas Gräfe & Sillem.

[2]) Hamburg, Lucas Gräfe & Sillem.

von 8 Fällen, gleich 2,6 % kam; desgleichen gibt I m m e l m a n n für die positive Diagnose 2 % Fehldiagnosen an, und K i e n b ö c k hält ebenfalls alle Steine bis auf 2 % für nachweisbar. Auch andere, in der Nierensteindiagnostik besonders geübte Forscher schließen nur die ganz kleinen harnsauren Konkremente vom sicheren Nachweis aus (Fig. 189).

K ü m m e l l hat neuerdings gezeigt, daß selbst kleine und weiche Steine, deren Darstellung sich bisher auch der besten Technik entzog,

Fig. 189.



Niere mit Stein nach H a e n i s c h.

auf der photographischen Platte sichtbar gemacht werden können, wenn man das Nierenbecken mit Kollargol anfüllt. Nach dessen Entfernung gibt dann der Stein, an dessen Oberfläche sich das Metallsalz niedergeschlagen hat, einen deutlichen Schatten.

Die Sicherheit, ja Harmlosigkeit der Methode gebietet ihre möglichst frühe Anwendung. Die dadurch gesicherte Frühdiagnose hat die Schwere der Nierensteinoperation und ihre Mortalität bereits wesentlich herabgesetzt.

Haben wir einen Patienten wegen einer Nierenerkrankung zu untersuchen, so fertigen wir zuerst in der Weise, wie es R u m p e l beschreibt,

eine Übersichtsaufnahme an. Der Patient muß, wenn irgend möglich, 1—1½ Tage durch eine gründliche Darmentleerung für die Aufnahme vorbereitet sein. Patient befindet sich in Rückenlage bei stark angezogenen und sicher unterstützten Beinen, so daß die Lendenpartien ganz flach dem Tisch anliegen. Eine 24 : 30 oder 30 : 40 Platte liegt in schwarzem Papier oder in der Kassette unter ihm abwärts von der 10. Rippe hinten. Zwei 20 cm breite, 3 mm dicke Bleibleche liegen quer über die ganze vordere Körperoberfläche und lassen den Raum frei von dem unteren Rand der 11. Rippe bis zur oberen Beckenapertur. Die Antikathode der Röhre befindet sich 50—60 cm über der Platte und steht senkrecht über der Mitte des freien Körperabschnittes. Die Röhre sei weich bis mittelweich (5—6, 6, 6—7 W); die Expositionszeit wählen wir hier, wie bei allen Konkrementnachweisen, bis 2 Minuten. Die Wandarmirisblende ist so eingestellt, daß der ganze Bezirk gerade von Röntgenstrahlen getroffen wird. Eine Luffapelotte wird mittels des Hirschmann schen Kompressoriums fest in den Bauch eingedrückt.

Nachdem die Platte entwickelt ist, stelle man zunächst die Frage, ob die Aufnahme an und für sich als eine wohlgelungene zu betrachten ist. Und wir sehen mit Albers-Schönberg nur eine solche Platte als einwandfrei an, auf der die Wirbelsäule mit den Querfortsätzen und die beiden unteren Rippen scharf gezeichnet sind, auf der ferner, wie schon S. 259 betont, vom 12. Brustwirbel als spitzwinkliges Dreieck abwärts ziehend der Musculus psoas zu sehen ist.

Können wir nun auf dieser Übersichtsaufnahme trotz sorgfältigsten Studiums in der Plattenschau bei hellerer oder dunklerer Beleuchtung keinen verdächtigen oder direkt abnormen Fleck entdecken, so wiederholen wir am nächsten Tage die Aufnahme mit der gleichen Sorgfalt, eventuell noch zweimal. Sind auch diese Aufnahmen einwandfrei und ohne Spur eines Steinschattens, so ist die Diagnose auf Nierenstein fallen zu lassen.

Finden wir dagegen in der Nierengegend und abwärts von derselben einen ganz ausgesprochenen, leidlich scharf begrenzten Fleck, so projizieren wir seinen Schatten genauestens auf den Rücken, zeichnen ihn deutlich an, legen den Patienten auf den Untersuchungstisch in flacher Lendenlage, so daß der angezeichnete Hautpunkt mitten auf einer 18:24-Platte liegt und machen mit der schon vorher zentrierten Kompressionsblende und weichen Röhre unter möglichst tiefem Einsenken des Rohrs ins Abdomen eine zweite Aufnahme. Patient muß auch hierzu wieder einen gut entleerten Darm haben.

Rumpel, der die Kompressionsblende nicht verwendet, deckt die Umgebung außer einem handtellergroßen runden, sorgfältig bestimmten Bezirk mit Bleiblech ab und stellt die Röhre der Platte recht nahe, damit auch kleinere Steine durch die resultierende Vergrößerung abgebildet werden.

Durch mehrere so wiederholte Aufnahmen, wobei man eventuell bei

verschiedenen unsicheren Schatten die Nieren- und Uretergegend von oben nach unten vorschreitend gewissermaßen absuchen muß, werden wir uns vergewissern, ob eventuelle unklare Schatten auch bei den nach erneuten Darmentleerungen gemachten Aufnahmen wiederkehren; dadurch wird die Diagnose gesichert.

Selbstverständlich geht die Röntgenuntersuchung immer Hand in Hand mit allen sonstigen diagnostischen Hilfsmitteln für Nieren-, Ureter- und Blasenuntersuchung, und allen, die die Technik nicht vollkommen beherrschen, ist bei negativem Ausfall zur Vorsicht bezüglich der Diagnose zu raten. Wichtig ist, stets beide Seiten zu untersuchen und auch eine Untersuchung der Harnleiter beiderseits anzuschließen. Bei unklaren Harnleitersteinen denke man an die Vorschrift von Klieneberger, durch Intervallaufnahmen eventuell die Verschieblichkeit nicht eingekeilter Steine nachzuweisen.

Bei Verwendung der Kompressionsblende sind nach Albers-Schönberg für jede Seite drei Teilaufnahmen erforderlich; auf der obersten kommt die Niere und der sich anschließende Teil des Harnleiters zur Darstellung; die Lichtachse geht durch den knorpeligen Teil des unteren Rippenbogens ohne Kompression (Frauen, Zylinder 13 cm). Bei Männern wird der leicht fußwärts geneigte Zylinder (10 cm) dicht unterhalb des Rippenbogens unter Zwischenlage der Luffapelotte eingedrückt.

Die zweite Aufnahme erstreckt sich über den größten Teil des Ureters. Der Zylinder (13 cm) wird unterhalb des Rippenbogens möglichst tief eingedrückt.

Die dritte Aufnahme gilt dem Ende des Ureters und der Blase. Der Zylinder (13 cm) wird dicht am Os pubis leicht schräg nach unten eingedrückt. Während bei den beiden vorigen Aufnahmen der Patient die Beine stark anzieht, liegt er hier glatt ausgestreckt.

Das Doppelplattenverfahren nach Köhler wird vielfach gerade hier mit Erfolg geübt.

Sehr richtig betonen Albers-Schönberg und Haenisch, daß jeder Arzt, der an die Beurteilung von Nieren-, Ureter- und Blasensteinplatten herangeht, auf das genaueste orientiert sein muß über die mannigfachen Fehlerquellen, durch die ein Konkrementschatten unter Umständen vorgetäuscht oder übersehen werden kann. Ich erwähne hier nur einige häufiger vorkommende Kalkeinlagerungen: Verkalkte Myome, Extrauteringraviditäten, Dermoidzysten, verkalkte Drüsen, Phlebolithen, Spina-ischii-Anlagerungen, Exostosen am Darmbein und Kompaktainseln in der Darmbeinschaufel, Kalkablagerungen in tuberkulösen Prozessen der Niere, die schon erwähnten Verkalkungen in den Vasa deferentia, schließlich denke man auch an Plattenfehler. Für eine genauere Orientierung sei nochmals auf das Werk von Haenisch hingewiesen.

Erkrankungen und Verletzungen des Knochensystems.

Knochen- und Gelenkerkrankungen.

Reich und dankbar ist die Anwendung des Röntgenverfahrens für das große Gebiet der Knochen-[1]) und Gelenkerkrankungen, und es gibt tatsächlich nicht eine einzige Form derselben, über die heute nicht schon sorgsame detaillierte Spezialarbeiten auf Grund der Röntgenuntersuchung vorliegen. Dementsprechend hat die pathologische Anatomie eine außerordentlich wertvolle Bereicherung erfahren, desgleichen haben wir in diagnostischer und prognostischer Beziehung den Röntgenstrahlen viel zu danken.

Zunächst kann man sich bei vorkommenden Fällen von hypertrophischen oder atrophischen Zuständen an den Extremitäten vergewissern, ob diese abnormen Zustände allein die Weichteile betreffen oder auch auf den Knochen übergreifen. So sehen wir, wie bei angeborener Hüftgelenksluxation die kranke Seite einen dünneren Femurschaft aufweist, wie nach überstandenen Koxitiden und Hüftgelenksresektionen der Femurschaft bis auf den vierten und fünften Teil zusammenschrumpfen kann, wie die ganze Beckenhälfte an dieser Atrophie teilnimmt und eine Veränderung des Beckenneigungswinkels stattfindet.

Ganz ähnliche Hypoplasien finden wir an den durch spinale Kinderlähmung geschädigten Skelettabschnitten; meist ist an den langen Röhrenknochen die Diaphyse wesentlich verdünnt, der epiphysäre Teil weniger (Kienböck).

Wir sehen aber am Röntgenbild der Knochen nicht allein das Dünnerwerden und die Auflockerung der Kompakta, sondern ebenso deutlich sind rarefizierende Prozesse der spongiösen Substanz; der Knochen wird für die Röntgenstrahlen durchlässiger, die Struktur ist weniger ausgesprochen, zarter, verschwommener, ja sie kann auf besten Röntgenbildern schließlich bis auf einzelne Bälkchenzüge ganz verschwunden sein.

Besonders durch die Arbeiten von Sudeck, Kienböck, Alb. Köhler und Exner ist die Aufmerksamkeit diesen Vorgängen im Knocheninneren allgemeiner zugewendet worden. Und es steht nach ihren Untersuchungen fest, daß nicht allein nach langdauernden Entzündungen jeglicher Art (akute Entzündung großer und kleiner Gelenke, Osteomyelitis, Sehnenscheiden- und einfache Weichteilphlegmonen), sondern auch nach Traumen der Gelenke und Knochen (Frakturen, Distorsionen, Kontusionen) eine durch Röntgenographie nachweisbare Knochenresorption stattfinden kann. Der Schwund der Knochensubstanz ist teilweise hochgradig und

---

[1]) Knochenerkrankungen im Röntgenbilde von Alban Köhler, Wiesbaden. J. F. Bergmann, 1901; Über Geschwülste und entzündliche Erkrankungen der Knochen im Röntgenbild von Rumpel, Hamburg, Lucas Gräfe & Sillem, 1908.

tritt in ganz auffallend kurzer Zeit nach dem Trauma ein. Wie wichtig die auf so einfachem Wege (durch zwei Röntgenbilder von der gesunden und kranken Seite) zu erlangende Kenntnis in vivo ist, hat Sudeck mit vollstem Recht hervorgehoben. In bezug auf Differentialdiagnose und Therapie ist die Kenntnis dieser Sudeckschen akuten (reflektorischen) Knochenatrophie gleich wichtig.

Bilder, die wir von Trommelschlegelfingern hergestellt haben, ergaben, daß es sich hauptsächlich um eine Verdickung der Weichteile handelte, die Knochen erschienen unverändert; höchstens waren die Fingerknochen etwas durchlässiger als ganz normale. Nur bei fortgeschrittener Erkrankung findet man die Kuppe der Endphalanx pilzartig verdickt und aufgelockert (Lippmann). Auch periostitische Auflagerungen an den peripheren Enden der Vorderarm- und Unterschenkelknochen sah Teleky bei der Ostéoarthropathie hypertrophiante pneumatique.

Über Akromegalie und damit verbundene Skelettveränderungen liegt gleichfalls eine Reihe von Beobachtungen vor, die um so wertvoller sind, da die Sektionsbefunde bei dieser Erkrankung noch immer nicht zahlreich sind. Schultze konnte nachweisen, daß die Endphalangen der Hand breiter als normal waren, dabei ohne Osteophyten; die distalen Epiphysen der Mittel- und Grundphalangen waren verdickt, ebenso bestanden Auftreibungen in den Diaphysen der beiderseitigen Grundphalangen. Murray zeigte durch Hand- und Fußbilder, daß die Vergrößerung in der Hauptsache durch die Verdickung der Weichteile bedingt war, daß die Knochen nur wenig verändert waren; den gleichen Befund erhob Edel - Dalldorf in seinem zweiten beschriebenen Falle. Dagegen ist die Beschreibung des Bildes des ersten Falles recht interessant: „Das ganze Handskelett ist plump und groß. Die Mittelhandknochen haben eine ungewöhnlich gerade Achse und sehen wenigstens die drei mittleren keulenförmig aus, indem sie nach der distalen Seite an Breite zunehmen. Die mittleren Mittelphalangen haben eine abnorme, mehr kegelartige Gestalt. Die oberen und unteren Enden sind fast an allen Röhrenknochen außerordentlich breit. Alle Knochen sind sehr lang und breit, nur gerade die Endphalangen verhältnismäßig kurz, aber ebenfalls breiter als normal. Am wenigsten erscheinen die Mittel- und Grundphalangen verbreitert. Außerdem sind Exostosen an den Diaphysen des 5. Metakarpus und der 5. Grundphalange radialwärts, sowie am Schiffbein, Auftreibungen an den Enden des 5. Mittelhandknochens sichtbar. Die Weichteile weisen durchweg eine beträchtliche Verdickung auf." An den Füßen ließen sich durch das Röntgenbild ebenfalls Auftreibungen an der Basis der Endphalangen und an den Mittelfußknochen und Verdickung der Weichteile zeigen, ferner typische Gesichtsveränderungen.

Ähnliche Befunde konnte Embden bei einem Akromegalen erheben. Er fand die typischen Veränderungen des Gesichtskelettes, bzw. des

Unterkiefers; an der Hand bestand eine Zunahme der Knochengröße nach allen Dimensionen, enorme Zunahme der Weichteile, fächerförmiges Auseinandergedrängtwerden der Metakarpalknochen, vor allem aber eine Verbreiterung aller Gelenkspalten.

Dagegen berichtet Curschmann über regressive Knochenveränderungen: an den Phalangen I der 2. und 5. Zehe sind die Diaphysen hochgradig verdünnt, desgleichen an den distalen Epiphysen von Radius und Ulna; dabei finden sich Rarefikationen. Curschmann schließt, daß nach seinen Untersuchungen nur die kachektischen Akromegalen regressive Veränderungen des Skeletts zeigten.

Sind auch diese Befunde nicht von Bedeutung für die Diagnose, so ist es doch immerhin von großer Wichtigkeit, schon während des Lebens die Verhältnisse der knöchernen Teile zu den Weichteilen festzustellen und, wie Edel mit Recht hervorhebt, auch hier durch Intervallaufnahmen den Verlauf der Knochen- und Weichteilveränderungen zu beobachten und zu verfolgen, wohingegen bei Sektionen meist nur die Endzustände der Krankheit vorliegen.

Da nicht allein die äußeren Konturen der Knochen durch die Röntgenaufnahmen gezeichnet werden, sondern ein Einblick in das Innere derselben gestattet ist, beinahe so, als ob wir einen Knochenschnitt vor uns haben, können wir eine ganze Reihe von Erkrankungen erforschen, bei denen es sich um regenerative und hypertrophische Zustände handelt; wir können, wie schon erwähnt, Fälle von Knochenschwund, Entzündungszustände der Knochen primärer oder metastatischer Natur, chronische Knochenentzündungen, tuberkulöse, rachitische und luetische Erkrankungen sowie Tumoren bildlich darstellen.

Besonders von dem Reichtum oder der Armut an Kalksalzen ist das mehr oder weniger kräftige Röntgenbild abhängig; deshalb müssen Knochen, in denen eine Auflösung der Kalksalze stattfindet, minimale Bilder ergeben. So verhält es sich z. B. mit osteomalacischen Knochen; dieselben geben, wenn sie ihrer Kalksalze hochgradig beraubt sind, durch die Muskulatur hindurch überhaupt kein Bild; Knochen, bei denen die Entkalkung noch nicht bis zum Äußersten fortgeschritten ist, lassen ihre Konturen noch erkennen, doch sind sie im Vergleich zu gesunden sehr durchscheinend; besonders fand Göbel-Auerbach die Achse als ganz helle Zone. Da in seinem Falle unter rheumatoiden Schmerzen eine Fraktur des Oberarmes akquiriert war, wird vorgeschlagen, bei auftretenden Schmerzen wiederholt zu durchleuchten, um einer Fraktur durch einen rechtzeitigen Verband vorzubeugen. Die Aufnahme des oberen Femurendes einer verstorbenen Patientin, die an Osteomalacie gelitten hatte, ergab, daß fast der ganze architektonische Aufbau des Knocheninnern verschwunden war: Wenige Bälkchen, die quer durch den Trochanter major liefen, ferner ein ganz minimaler Bälkchenzug, der vom

lateralen unteren Beginn des Trochanter major bis zu der tiefsten Stelle der sattelförmigen Aushöhlung des Collum femoris reichte, und eine etwas breitere Spongiosapartie an der Stelle des stärksten Druckes, die vom Adamschen Bogen nach der inneren oberen Fläche des Schenkelkopfes zog; die Kompakta war vollkommen zerfasert und in einzelne Bälkchen von größter Dünne aufgelöst. Im übrigen zeigte das Röntgenbild nur hie und da einige isolierte Bälkchen und hatte ein marmoriertes fleckiges Aussehen.

Ferner hatten wir wiederholt Gelegenheit, Beckenaufnahmen von Osteomalacieerkrankten herzustellen. Auf den Bildern waren die Knochen stets nur angedeutet, ohne jede charakteristische Zeichnung in bezug auf Corticalis und Spongiosa.

Ich verweise hier auch auf die sehr eingehende Arbeit von Lauper; er konnte ebenfalls bei seiner Patientin 1897 und 1899 die Beckenknochen nicht darstellen. Diese Fehlversuche scheinen ihm mit Recht zu beweisen, daß die Entführung schon einer geringen Menge Kalks aus dem Knochen genügt, den Röntgenstrahlen den ungehinderten Durchgang durch ihr Gewebe zu ermöglichen. Die im Jahre 1899 einsetzende Heilung ließ schließlich 1900 das Röntgenbild vollkommen gelingen.

Die Röntgendiagnose gibt also auch hier frühzeitige Anhaltspunkte, und die Erfolge geeigneter Behandlung lassen sich anschaulich darstellen.

Unter den größeren Arbeiten über syphilitische Weichteil- und Knochenerkrankungen hebe ich die von Béla Alexander, Alban Köhler, Holzknecht, Kienböck, Petrèn, Hahn und Deycke-Pascha[1]) und Fraenkel[2]) hervor.

Ich erinnere hier nur an einige eigene Untersuchungen.

Der eine Patient hatte am linken Oberschenkel eine ziemlich scharf nach oben und unten abgegrenzte Schwellung, die sehr schmerzhaft war, sich hart anfühlte und in jeder Beziehung als eine Verdickung des Femurs imponierte. Dabei fieberte Patient. Die Röntgenaufnahme ergab ein ganz normales Femur. Trotzdem wurde eingeschnitten, da wir der Aufnahme nicht ganz trauten; es fand sich eine scharf umgrenzte pralle Infiltration der dem vorderen Femurschaft anliegenden Muskelpartie, der Knochen war wirklich normal. Unter Jodkali verschwand dann allmählich diese spezifische Infiltration. In einem anderen Falle bestand eine vollkommene Steifheit in der Halswirbelsäule, große Schmerzhaftigkeit und starke Schwellung der hinteren Halsgegend. Auch hier fand sich eine vollkommen normale Halswirbelsäule, die Schwellung ging nur von den

---

[1]) Knochensyphilis im Röntgenbild von Hahn u. Deycke-Pascha, Hamburg 1907, Lucas Gräfe & Sillem.

[2]) Die kongenitale Knochensyphilis von Eug. Fraenkel, Hamburg, Lucas Gräfe & Sillem.

Fig. 190.



Fig. 191.



Osteochondritis syphilitica.

Weichteilen aus. Jodkali hob die Affektion. Wie wichtig, daß man sich von der Unversehrtheit der knöchernen Teile so bequem überzeugen kann.

Die kongenitale Lues ergab folgendes (vgl. Fig. 190 und 191): Bei der syphilitischen Osteochondritis der Neugeborenen sehen wir in den

Epiphysen schon größere verknöcherte Partien, die durch durchscheinende verbreiterte Stellen von dem Knochen der Diaphyse getrennt sind. In der Diaphyse erscheinen hie und da hellere Flecke ohne oder mit nur geringer Strukturzeichnung entsprechend den Störungen in der Kalkablagerung. Eine kompakte Substanz ist nur teilweise vorhanden. Auffallend ist, daß ganz regelmäßig, entgegen den später zu beschreibenden rachitischen Befunden, die beiderseitigen Begrenzungslinien der verknöcherten Diaphyse mit einem ganz intensiven, äußerst scharfen Schatten gezeichnet sind. Es liegen hier besonders viel kalkreiche Knochentrümmer. Man hat den Eindruck, als ob es sich überall um Epiphysenlösungen handle.

Die Betrachtung der sogenannten Säbelbeine ergibt dicke, unregelmäßige, periostale Knochenwucherungen und eine Verdickung und Sklerosierung der kompakten Substanz, wie sich aus dem nachstehenden Röntgenogramm (Fig. 192) ersehen läßt.

Von den sonstigen syphilitischen Knochenerkrankungen sahen wir unter anderen folgenden Fall: Ein Patient, der wegen starker Schwellung seines Handgelenkes kam, zeigte einen ausgedehnten hellen Fleck im distalen Ende des Radius und eine Auflösung des Os triquetrum. Es handelte sich jedenfalls um gummöse Zerstörungen. Der gesunde Arm wies ganz normale Knochenverhältnisse auf. Nach Jodkali schwand die Schwellung ganz allmählich, und bei der Durchleuchtung waren die einstigen Defekte am Radius nicht mehr zu sehen.

Ferner kamen wiederholt periostale Knochenauflagerungen, Hyperostosen zur Beobachtung, so in einem Falle, wo der Nervus radialis ganz in solche eingebettet lag. Es bestand nicht allein ein starkes Zittern des ganzen Armes, sondern auch Schmerzen und große Bewegungsbehinderung. Nach operativer Entfernung der Hyperostosen und unter Jodkali besserte sich der Zustand sehr schnell.

R e y h e r hat nach analogen Beobachtungen hervorgehoben, daß wir nur mit Hilfe des Röntgenverfahrens die fortschreitende und beendete Heilung von luetischen Knochenveränderungen mit Sicherheit verfolgen können. H a h n mahnt besonders, da die Syphilis alle Knochen des Skeletts befallen kann und verhältnismäßig häufig angetroffen wird, bei unklaren Knochenerkrankungen die Möglichkeit der syphilitischen Erkrankung ganz besonders in Betracht zu ziehen; und P r e i s e r zieht aus seinen zahlreichen Beobachtungen den Schluß, daß ein auffälliger Widerspruch zwischen den schweren Zerstörungen der Knochen im Röntgenogramme einerseits und den geringen subjektiven Beschwerden und der guten Funktion des erkrankten Gliedes anderseits differentialdiagnostisch f ü r L u e s spricht.

Bei r a c h i t i s c h e n K i n d e r n darf man, wenn man einigermaßen brauchbare Bilder erhalten will, nur ganz weiche, scharf zeichnende Röhren

Fig. 192.



Luetisches Säbelbein.

(4—5, 5—6 W) anwenden, da ähnlich dem osteomalacischen sich der kalkleere Knochen nur wenig gegen die umgebenden Gewebe abhebt, die Epiphysen bleiben besonders lange durchsichtig und werfen einen mini-

Fig. 193.



Fig. 194.



Femur und Tibia bei Rachitis.

malen Schatten auf den Schirm und die Platte. Die Bilder der durchsägten und röntgenographierten unteren Extremität (Fig. 193 und 194) zeigen

uns die Verhältnisse noch deutlicher: Fast keine Kompakta, die Epiphysenknorpel besonders am unteren Femur- und oberen Tibiaende sind stark verdickt und weisen nur eben angedeutet Verknöcherungsstellen auf. Die knorpelige Zone zwischen Epi- und Diaphyse ist weit verbreitert, die Grenze zwischen den verknöcherten Teilen der Diaphyse und dem Knorpel ist nicht regelmäßig und scharf, sondern der Übergang findet derart statt, daß die Spongiosa zunächst in einer ziemlich geraden verwaschenen Linie aufhört, um von hier aus in den Knorpel noch eben sichtbar in teils längeren, teils kürzeren Bälkchen faserartig einzudringen.

Eugen Fraenkel und Lorey haben in ihrem Werk[1]) alles Wissenswerte über die Rachitis im Röntgenbilde zusammengefaßt und heben besonders hervor, daß die Auffransung der proximalen oder distalen Schaftenden, das absolute Fehlen jeder röntgenologisch erkennbaren Kalkmenge in dem nur Andeutungen an Struktur darbietenden, an die Epiphyse grenzenden Schaftteil eine absolut sichere Unterscheidung der Rachitis von der kongenitalen Syphilis und dem infantilen Skorbut zuläßt. Dem letzteren, der Möller-Barlowschen Krankheit, hat Eugen Fraenkel[2]) schon früher eine erschöpfende Arbeit gewidmet, in der er die mit Hilfe des Röntgenverfahrens an den betreffenden Knochen nachweisbaren Veränderungen eingehend schildert. Von ausschlaggebender Bedeutung ist nach Fraenkel der der jüngsten Diaphysenzone entsprechende, unregelmäßig begrenzte, in der Mitte meist etwas breitere, an den Seitenteilen sich etwas verschmächtigende Schatten, der seine anatomische Erklärung darin findet, daß hier ein wirres Durcheinander von regellos angeordneten Kalkbälkchen, schmächtigen Knochentrabekeln, Kalk- und Knochentrümmern, sowie von mit Blut- und Pigmentmassen durchsetztem Gerüstmark besteht. Ferner findet sich in vielen Fällen ein den Schaft der Extremitätenknochen mantelartig umgebender Schatten, der in der Hauptsache auf das subperiostale Hämatom zu beziehen ist. Seine Anwesenheit ist stets eine Stütze für die Diagnose.

Nachdem Hofmeister, v. Wyß und andere die Röntgenographie zur Untersuchung der Knochenwachstumstörungen bei Kretinismus herangezogen hatten, hat E. Bircher[3]) zusammenfassend und ergänzend hierüber berichtet. Danach steht heute fest, daß es sich beim Kretinismus nicht um einen Stillstand im Knochenwachstum, wie beim Myxödem, handelt, sondern nur um eine Hemmung in verzögerndem

---

[1]) Die Rachitis im Röntgenbild von Eugen Fraenkel u. Lorey, Hamburg 1910, Lucas Gräfe & Sillem.

[2]) Die Möller-Barlowsche Krankheit von Eugen Fraenkel, Hamburg 1908, Lucas Gräfe & Sillem.

[3]) Die Entwicklung und der Bau des Kretinenskeletts im Röntgenogramme von Eugen Bircher, Hamburg 1909, Lucas Gräfe & Sillem.

Sinne. Die Wachstumstörung ist eine regellose, ungesetzmäßige, nur für ihren Ablauf zeigt sich eine gewisse Regelmäßigkeit.

Die Hemmung im Wachstum zeigt sich besonders im späteren Auftreten der Epiphysenkerne und im langsameren Verschwinden der Epiphysenlinien.

Springer und Serbanesco-Paris wiesen ähnliche pathologische Knochenverhältnisse nach bei Myxödem; bei Kindern von

Fig. 195.



Tuberkulöse Kniegelenksentzündung.

8jähriger Knabe, tuberkulöse Kniegelenksentzündung: Ausheilung nach mehrjähriger Apparatbehandlung in guter Stellung; schwere Zerstörungen an den Epiphysen des Femur und der Tibia. Sehr klar sind die Muskelzüge am Oberschenkel, besonders der Biceps und die verdickte Gelenkkapsel.

Alkoholikern war der Knorpel zwischen Femur und Tibia klein und unregelmäßig, die Ossifikation geschah vorzeitig. Für die Therapie sind diese Befunde am Lebenden insofern wichtig, als man seine Maßnahmen direkt danach richten kann und muß. Hat man bei einem Individuum noch durchscheinende, hauptsächlich knorpelige Gelenkteile vor sich, richtet man die ganze Ernährungsweise danach ein, die Ossifikation zu befördern; so kontrollierten z. B. Gasne und Londe-Paris die unter Thyreoidbehandlung fortschreitende Verknöcherung bei Myxödem. Ist

Fig. 196.



Tuberkulose des Handgelenks.

Von dem tuberkulösen Prozeß sind besonders ergriffen das Mondbein, das Kopf- und Hakenbein und das zentrale Ende des Metacarpus quartus. Das letztere ist verdickt und daumenwärts aufgelockert. Zwischen den drei genannten Handwurzelknochen haben sich Verwachsungen gebildet, das Hakenbein erscheint angenagt. Im Radius und in der Ulna, besonders in den Köpfchen der Metacarpi II, III und IV usw. ausgesprochene Atrophie.

dagegen das Wachstum beendet, braucht man in dieser Hinsicht nichts mehr zwecklos zu verordnen.

Sehr nützlich und diagnostisch wohl verwertbar ist für uns das Röntgenbild in einer großen Reihe von tuberkulösen Erkran-

kungen der Knochen und Gelenke gewesen. Nicht allein, daß in einzelnen Fällen die Aufnahme genauen Aufschluß über den Sitz und die Ausdehnung der Erkrankung gab, manchmal ist die Durchleuchtung absolut ausschlaggebend für die exakte Diagnose gewesen.

Bei der Spina ventosa erscheint der Knochen verdickt und aufgelockert, das Periost ist häufig leicht vom Knochen abgehoben. In den Gelenken markiert sich die tuberkulöse Entzündung meist derartig, daß die normalen Konturen verschwunden sind und die Gelenkenden verwaschen erscheinen; der sonst so deutliche Gelenkknorpelspalt fehlt oder ist unklar, man sieht hier wolkenartige Trübungen und zottenartige Fortsätze, die sich von den Gelenkenden ausbreiten. Besonders gute Bilder erhält man von den tuberkulösen Zerstörungen der Handwurzel (Fig. 196) und des Ellbogengelenks.

Nach Haudeks und unseren Röntgenbefunden übt der fungöse Prozeß mitunter auf die in der Entwicklung befindlichen Gelenkteile einen wachstumfördernden Reiz aus, so daß man bei Knieaufnahmen die Epiphysen und ihre Knochenkerne am erkrankten Kniegelenk in allen Dimensionen wesentlich vergrößert findet, ebenso findet man an Hand- und Fußgelenk auf der kranken Seite die Knochenkerne mehr entwickelt, oder ihre Zahl größer. Obwohl auch andere Reize zu solcher Entwicklungsförderung führen, kommt ihnen doch gerade bei fungösen Prozessen eine diagnostische Bedeutung zu.

Sehr instruktiv waren unsere Befunde bei Lupus der Hände. Neben den Deformierungen und Zerstörungen waren die atrophischen Zustände in bezug auf das Volumen und das innere Gefüge der Knochen sehr deutlich. Vom Hüftgelenk haben wir brauchbare Bilder auch im Anfangsstadium der Coxitis bekommen. Doch sollen die Hüftgelenkserkrankungen ihrer großen Bedeutung wegen gesondert betrachtet werden.

Auch über die Tuberkulose der Wirbelsäule liegt eine große Anzahl von Veröffentlichungen[1]) vor. Die Wichtigkeit der Röntgenuntersuchung ist allgemein anerkannt, und es wiederholt sich, daß oft die äußeren klinischen Symptome in gar keinem Verhältnis zu den Zerstörungen an der Wirbelsäule stehen.

Ich will hier in aller Kürze daran erinnern, welche Veränderungen pathologisch-anatomischer Art wir auf dem Röntgenbild bei Spondylitis tuberculosa zu sehen imstande sind.

Wir fassen ins Auge:

A. Größere Wirbelsäulenabschnitte

und konstatieren hauptsächlich:

1. die Krümmung nach der Seite (mit entsprechenden Gegenkrümmungen);

---

[1]) Die Spondylitis tuberculosa im Röntgenbilde von L. Rauenbusch, Hamburg 1908, Lucas Gräfe & Sillem.

2. die Krümmung nach hinten (Gibbusbildung);

3. die Rotationserscheinungen.

B. Kleine Wirbelsäulenabschnitte,

welche zeigen:

1. das einseitige oder vollkommene Verschwinden der Zwischenwirbelscheibe, und damit im Zusammenhang

2. das Verschmelzen benachbarter Wirbelkörper, mit Näher- und Ineinanderrücken der Querfortsätze, der Bogenwurzeln usw.;

3. weitgreifende destruierende, Knochensubstanz auflösende Prozesse, und umgekehrt daneben

4. sklerotische Verdichtungen und exostosenartige Verdickungen der knöchernen Teile und des Bandapparates (ankylosierende Vorgänge);

5. grobe Verschiebungen von Wirbelmassen nach den verschiedenen Seiten.

C. Einzelne Wirbel und sehen

1. Abflachung, Abschrägung und sonstige Substanzverluste der verschiedenen Wirbelkomponenten;

2. Sequester;

3. Zerquetschung und Zerstörung bis zum vollkommenen Schwund;

4. Knochenneubildung (Osteophytenbildung).

D. Die Rippen, welche

1. dichter aneinanderrücken, besonders am Ursprung von den Wirbelkörpern;

2. miteinander verknöchern;

3. Zerstörungen aufweisen im Bereich ihrer Capitula, Colla und Tubercula.

E. Die Abszesse, als

1. einfache seitlich liegende Infiltrationen;

2. kleinere mehr runde oder länglich ovale, oft beiderseitig liegende Abszesse;

3. große Senkungsabszesse;

4. alte verkalkte Abszesse.

Die Fig. 197 zeigt einen Fall von A 2, desgleichen die Fig. 198. In mehreren Fällen, wo durch schwere Lähmungserscheinungen ein operatives Eingehen angezeigt war, hat die Operation den Röntgenbefund voll bestätigt.

Auch an verschiedenen anderen Knochen konnten primäre tuberkulöse Herde röntgenographiert werden.

Werden wir somit die Röntgenuntersuchung bei tuberkulösen Knochenerkrankungen gern als diagnostisches Hilfsmittel annehmen, so dürfen

wir uns anderseits nicht verhehlen, daß wir doch in vielen Fällen vollkommen im Stich gelassen wurden; oft erreichten wir gerade dann, wenn wir versuchten, einen eventuell noch kleinen, erst im Entstehen begriffenen tuberkulösen Herd nachzuweisen, nichts durch die Röntgenographie. Je dicker der Knochen und je kleiner der Herd, desto weniger wird sich natürlich ein brauchbares Bild ergeben. Besonders beim Kniegelenk war oft die Röntgenaufnahme vergeblich, man sah außer einer Weichteilverdickung und Füllung des Gelenkes nichts, am Knochen absolut nichts, also das gleiche, was man palpatorisch feststellen konnte. Wir müssen in dieser Hinsicht O b e r s t s Erfahrungen voll und ganz

Fig. 197.



Spondylitis der Halswirbelsäule; 57jähriger Mann. Wir sehen vom Kopf die Umrisse des Hinterhauptbeins, den Warzenfortsatz, den leicht s-förmig gebogenen Griffelfortsatz, sowie rechts den absteigenden Unterkieferast. — Erkrankt ist hauptsächlich der 3. Halswirbel, von dessen Körper sich ein kleiner keilförmiger Rest zwischen die gleichfalls deformierten 2. und 4. Halswirbel einschiebt. Die Knochenschatten zwischen den Dornfortsätzen entsprechen verknöcherten Bändern, die ein weiteres Zusammensinken verhindern usw. (nach H o f f a - R a u e n b u s c h).

bestätigen. Nach abgelaufener Tuberkulose die Knochenverhältnisse in vivo zu studieren, ist natürlich nicht allein in wissenschaftlicher Hinsicht, sondern auch klinisch von hohem Werte (siehe Fig. 200).

Was die akuten Entzündungen der Knochen, die infektiöse O s t e o m y e l i t i s und Periostitis anlangt, so haben auch wir erst im späteren Stadium der Krankheit Nutzen von der Durchleuchtung gesehen. Abszesse lassen sich gut darstellen und bezüglich ihrer Ausdehnung und Lage präzisieren, so daß man für die eventuelle Operation einen ausgezeichneten Anhalt hat. Haben wir bereits das Stadium der Nekrose des Knochens vor uns, und ist es zur Sequestrierung eines toten Knochenstückes gekommen, so erhalten wir Röntgenbilder von großer Deutlichkeit. Man

sieht die größeren und kleineren Sequester, mitunter selbst nur nadelgroße; es ist zu unterscheiden, wie sie in den Eiterhöhlen liegen, manchmal auch, ob sie wirklich gelöst oder noch nicht ganz abgestoßen sind. Doch lassen sich sicher, was auch Oberst betont, diese Einzelheiten nicht immer durch das Röntgenverfahren entscheiden. Daß in einem Falle von Oberst, wo nach Nekrotomie des Humerus eine Fistel nicht heilen wollte, das Röntgenbild als Ursache der Eiterung einen zurückgebliebenen Sequester nachwies, ist jedenfalls sehr lehrreich.

Fig. 198.



Spondylitis tuberculosa.

8 Jahre alter Patient. Wir sehen den mächtigen Gibbus und die Wirbelkörper samt ihren Processus spinosi. Der 10. und 11. Wirbelkörper sind fast vollkommen eingeschmolzen, ihr knöcherner Rest ist nach vorn leicht zugespitzt und schiebt sich in das Dreieck zwischen dem 9. und 12. Wirbelkörper hinein. Der 12. Wirbelkörper erscheint in seinen vorderen Partien aufgelockert und zerfasert. Außerdem ist er gegen den Wirbelbogen nach oben hin abgeknickt. Zu bemerken ist noch, daß man an dem Bilde sehr schön den Schatten des gewaltig vergrößerten Herzens und zwar in der Ausdehnung von vorn nach hinten sieht.

Der Beginn und die fortschreitende Knochenneubildung, sowohl bei partieller Nekrose als auch bei totaler, läßt sich auf in Zwischenräumen wiederholten Röntgenogrammen gut beobachten. Wir konnten dies schon 1897 in zwei Fällen, die von Graff im ärztlichen Verein zu Hamburg vorgestellt sind. Das erstemal war bei einem 9jährigen Knaben der Radius erkrankt und das Ellbogengelenk vereitert. Der ganze Knochen stieß sich bis zur distalen Epiphyse ab. Von dem stehengebliebenen Periost

aus bildete sich in typischer Weise allmählich ein neuer Knochen, der ganz die Formen des früheren hatte und auch gut in seine Funktion eingetreten ist. Dasselbe war der Fall bei einem 17jährigen Patienten; hier hatte sich die Ulna in tota abgestoßen.

Auch bei metastatischen Knochenentzündungen sich bildende Abszesse sahen wir bei mehreren Patienten, und zwar zufällig allemal nach Typhus; so einmal — vgl. Fig. 201 — einen ovalen Herd in der Grund-

Fig. 199.



Spondylitis des untersten Wirbelsäulenabschnittes, 4 Jahre altes Mädchen; der Erkrankungsprozeß umfaßt den 4. und 5. Lendenwirbel, beide sind miteinander verschmolzen, besonders rechts ist der 4. Lendenwirbel zusammengesunken. Mächtige eingedickte Abszeßmassen im Bereich der linken oberen Kreuzbeingegend, scharf und rundlich nach oben und nach der Mitte zu abgegrenzt.

phalange des kleinen Fingers, ferner mehrere Herde in der Ulna. Dieselben wurden operativ entfernt.

Eugen Fraenkel, Rumpel, Schlayer und andere haben auch die verschiedenen Formen der chronischen ankylosierenden Wirbelsäulenentzündung mit Hilfe des Röntgenverfahrens erforscht und beschrieben. Fraenkel macht besonders darauf aufmerksam, daß eine differentialdiagnostische Scheidung zwischen den durch Spondylarthritis ankylopoetica und durch Spondylitis deformans bedingten Versteifungen durch die Röntgenplatte zu machen sei: bei ersterer finden wir Integrität der Wirbelkörper, bei letzterer Difformität der Wirbel. Ein fernerer Röntgenbefund sind knöcherne, einzelne Wirbel miteinander oder ihre Querfortsätze mit den Rippen verbindende Brücken.

die bei beiden Krankheitsprozessen vorkommen. Die Spondylarthritis ankylopoetica spielt sich dagegen in erster Linie an den Wirbelgelenkfortsätzen ab, an denen es zu einer partiellen oder totalen, anfangs fibrösen, späterhin knöchernen Vereinigung kommt. Die frühesten röntgenologisch nachweisbaren Knochenveränderungen hierbei fand Schlayer nach

Fig. 200.



Abgelaufene Tuberkulose des Metacarpus quartus.

An Stelle des 4. Metakarpalknochens finden sich ein größeres und ein kleineres Knochenstück, die beide etwas durchlässiger als der normale Knochen erscheinen. Der 4. Finger ist ganz bedeutend verkürzt und zwar dadurch, daß die Grundphalanx sich tief zwischen den 3. und 5. Metacarpus retrahiert hat. 5jähriges Kind.

$1^1/_4$ Jahren Krankheitsdauer, während andere Patienten noch nach fünfjähriger Erkrankung ohne Röntgenbefund waren. Bei der Spondylitis deformans waren die Knochenveränderungen im Verhältnis zur Kürze der Erkrankung meist sehr ausgesprochene.

Um die Veränderungen der Knochenstruktur der einzelnen Wirbelkörper bei Spondylitis deformans zu studieren, desgleichen die Degenerationsvorgänge an den Zwischenwirbelscheiben usw., hat Beneke in seiner „Lehre von der Spondylitis deformans" Röntgenbilder von Scheiben aus formalingehärteten Wirbelsäulen gebracht und sehr brauchbare Aufschlüsse erhalten.

Fig. 201.



Typhusherd im kleinen Finger.

An der sonst normalen Hand sehen wir die Weichteile am Grundglied des kleinen Fingers bedeutend verdickt, im distalen Teile der Grundphalanx befindet sich außen ein kleiner Herd. Es handelt sich um eine metastatische Eiterung nach Typhus.

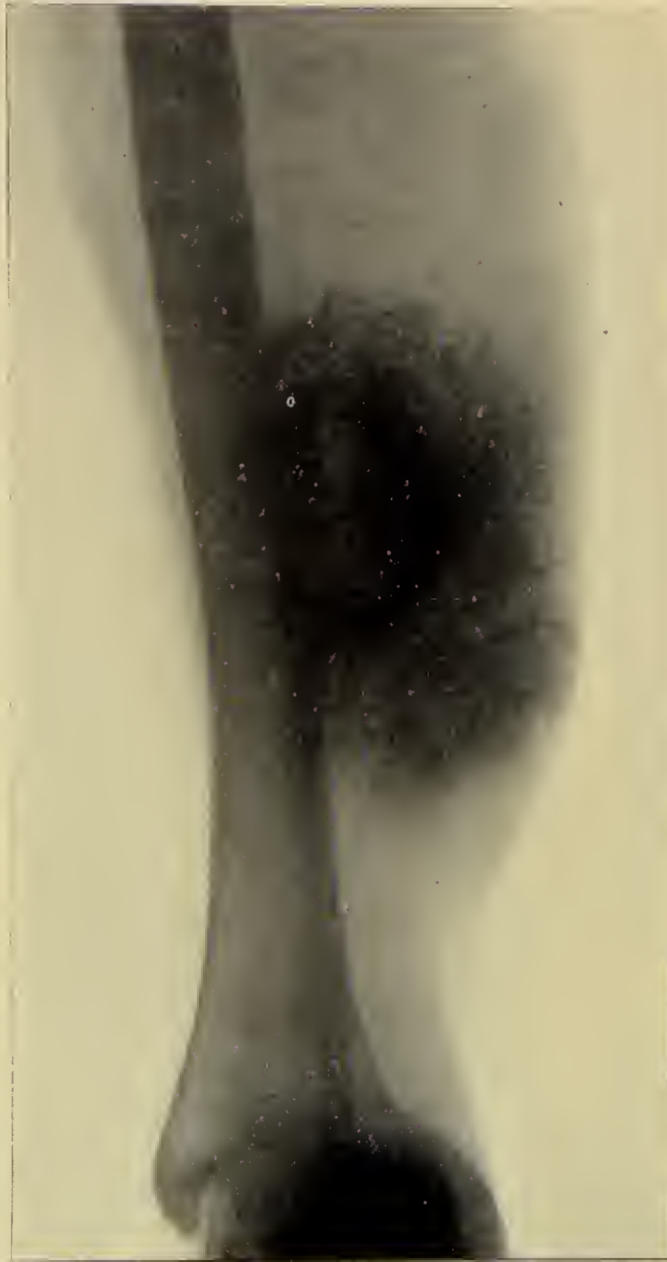
Von Geschwülsten sind gleichfalls alle möglichen röntgenographisch dargestellt worden, so Osteome, Enchondrome, Sarkome, Karzinome usw., besonders eingehend und zusammenfassend von Rumpel[1]). Alle Forscher sind über die Bedeutung der Röntgenuntersuchung sowohl

[1]) Über Geschwülste und entzündliche Erkrankungen der Knochen im Röntgenbild von Rumpel, Hamburg 1908, Lucas Gräfe & Sillem.

für die exakte Diagnosenstellung, als für den Operationsplan (Fig. 202) einig.

Daß sich auch Erweichungscysten im Knochen, die mit Auflösung

Fig. 202.



Osteosarkom der Tibia.

Die Fibula ist operativ entfernt; an der Außenseite der Tibia eine faustgroße Geschwulst mit wolkigen Trübungen. An einzelnen Stellen scheint dieselbe auch auf den Knochen überzugehen, doch nur auf die Oberfläche desselben, denn man sieht die Konturen der Tibia scharf bei genauerer Betrachtung durch das verwaschene Bild der Geschwulst hindurchziehen, desgleichen kann man die kompakte Substanz und den Markraum deutlich differenzieren, allerdings erscheint die Kompakta der Außenseite gegenüber der der Innenseite etwa um das Doppelte verdickt. Die Weichteile sind natürlich entsprechend der Größe des Tumors verdickt; die Geschwulst reicht unten außen fast bis unter die intakte Haut.

und Verflüssigung des Knochengewebes einhergehen, röntgenographieren lassen, ergibt sich nach dem Gesagten von selbst.

Ist es infolge irgendwelcher entzündlicher oder traumatischer Prozesse zu Zerstörungen in Gelenken gekommen mit sekundärer Ankylosenbildung, so gibt uns das Röntgenbild guten Aufschluß darüber, ob wir es mit einer

knöchernen oder mit einer knorpeligen, resp. bindegewebigen Ankylose zu tun haben. Wie hier die Durchleuchtung von Interesse und direktem Einfluß auf unser therapeutisches Handeln ist, so überhaupt bei den verschiedensten Gelenkerkrankungen: wir können uns bei unklaren Fällen überzeugen, was infolge der Auftreibungen durch die Palpation oft zur Unmöglichkeit gemacht ist, ob die Veränderungen den Knochen selbst, den Knorpel oder nur die Weichteile betreffen. Wir sehen, daß bei den akuten Gelenkentzündungen, wie beim akuten Gelenkrheumatismus und bei infektiösen Gelenkvereiterungen irgend bemerkenswerte Knochen-

Fig. 203.



Arthritis deformans coxae.

Pilzförmig deformierter Kopf, stark verkürzter Schenkelhals, oberer Kopfrand ragt frei unter der Pfanne hervor (nach Preiser-Hamburg).

veränderungen zunächst nicht vorhanden sind; die Schwellung ist bedingt durch die Affektion der das Gelenk umgebenden Weichteile, resp. durch die Ausdehnung des Gelenks infolge serösen oder eitrigen Ergusses. Wird indessen der arthritische Prozeß zu einem chronischen, so werden die Gelenkbilder undeutlich, verschleiert, die Knochenkonturen sind nicht mehr genau zu erkennen, dann kommt ein Zustand, wo der Knochen gröbere Veränderungen, Zerfaserungen, zackige Verdickungen, Auswüchse usw. aufweist.

Hoffa und Wollenberg[1]) verdanken wir die sorgsamsten Röntgenstudien von der Arthritis deformans und dem soge-

[1]) Arthritis deformans und sogenannter chronischer Gelenkrheumatismus von Hoffa und Wollenberg, Stuttgart 1908, Verlag von Ferdinand Enke.

nannten chronischen Gelenkrheumatismus; desgleichen Preiser[1]).

Bei Arthritis deformans (Fig 204) war eine Kapselschrumpfung mit Verödung der Gelenkhöhle nicht nachweisbar (Kniegelenk!), im Gegensatz zu den Befunden bei primärer chronischer progressiver Polyarthritis (Fig. 206).

Die Umformungen und Gestaltsveränderungen an den knöchernen Gelenkteilen bestehen bei der Arthritis deformans in:

Fig. 204.



Arthritis deformans (Hoffa-Wollenberg).

1. rundlichen, kugligen Exostosen in und am Gelenk, die sich in den Gelenken mit weiten Synovialtaschen zu freien Körpern entwickeln;

2. Verschärfung der Kanten an den Gelenkfortsätzen, Bildung von Vorsprüngen, scharfen Haken;

3. seitlichen Auflagerungen an den Rändern der Gelenkkapseln und außerhalb des Gelenks bis zur scheinbaren Geschwulstbildung;

4. plumper kolbiger Verdickung oder flacher trompetenartiger Verbreiterung der Gelenkenden;

5. Verlängerung, Zuspitzung des distalen Gelenkendes bis zu totalem Verlust desselben (Schenkelkopf).

---

[1]) Statische Gelenkerkrankungen von G. Preiser. Stuttgart 1911. Verlag von Ferdinand Enke.

Diesen von Settegast präzisierten Veränderungen fügt Wollenberg noch an, besonders mit bezug auf die Frühdiagnose, das Eckigwerden der Übergangsstellen der Gelenkflächen in den Knochenschaft und die durch Reduktion des Knorpels (Usur, Abschleifung) bedingte Verengerung der Gelenkspalten.

Die Knochenatrophie ist bei der Arthritis deformans sehr gering, dagegen bei den chronischen Polyarthritiden äußerst hochgradig (Fig. 207).

Zur Unterscheidung der Arthritis urica und anderer Arthritiden bemerkt Jacobsohn auf Grund eines größeren, sorgsam bearbeiteten Materials: Bei der Mehrzahl der untersuchten Gichtfälle konnte ich 1. Gelenkveränderungen feststellen, wie ich sie bei einer anderen Arthritis niemals gefunden habe, nämlich Defekte von halb- bis dreiviertelkreisförmigem, zuweilen auch ovalem Aussehen. Außerdem derartige Gelenkdefekte, daß mehr oder minder große Gelenkteile einfach fehlten;

Fig. 205a. Fig. 205b.



Arthritis deformans genuum.

Die beiden Bilder des 50jährigen Patienten zeigen Inkongruenz der Gelenkflächen und Osteophytenbildung an den lateralen Kondylenecken; Fig. 205b außerdem Osteophytenbildung am Condylus medialis tibiae (Preiser-Hamburg).

2. Knochenveränderungen zweierlei Art: Die einen bestehen in Knochenverschmälerungen und -aushöhlungen durch den mechanischen Insult der Tophi, die anderen haben ihre Ursache in Uratablagerungen innerhalb der Knochensubstanz und des Markraumes.

Im Röntgenogramm dokumentieren sich diese Herderscheinungen als lichtdurchlässige Stellen von rundlichem, ovalem oder unregelmäßigem Aussehen; manchmal sind sie durch eine dichtere Zone von der Umgebung abgeschlossen; im Inneren oft Kammerbildung mit Septen.

An dieser Stelle sei auch besonders hingewiesen auf das von Kienböck, Stieda und Haenisch beschriebene Vorkommen von Kalkeinlagerungen in die Bursa subacromialis und subdeltoidea, meist im Anschluß an Traumen, mit den klinischen Symptomen einer Periarthritis humero-scapularis. Das Röntgenbild zeigt in Größe und Dichtigkeit

wechselnde, strukturlose, unregelmäßig begrenzte Schatten dicht oberhalb des Humeruskopfes.

Auch die Gelenkveränderungen bei Tabes und Syringomyelie haben interessante Röntgenbefunde gezeitigt, so bei ersterer Auftreibungen der Knochen und Usurierung derselben, mächtige hypertrophische Callusmassen; neben den Zerstörungen gingen mitunter die Verknöcherungen in die Gelenkkapsel, in die Faszien, die Sehnen und Muskelansätze über.

Bei der Syringomyelie wurden dargestellt hypertrophische Zustände der Epiphysen, Knochenauflagerungen, die arm an Kalksalzen waren,

Fig. 206.



Primäre chronische progressive Polyarthritis (Hoffa-Wollenberg).

anderseits atrophische Zustände der Knochen. Bei der Heilung von Frakturen zeigten sich exzessiv hypertrophische Calluswucherungen und Ossifikationen in den Sehnen.

Daß direkt neue Knochenkrankheitsbilder durch die Röntgenuntersuchung gefunden werden, beweist Albers-Schönberg mit seiner Marmorskeletterkrankung; alle Knochenpartien des 26 Jahre alten Patienten erschienen auf den Platten wie aus Marmor gebildet ohne jede Strukturzeichnung; ein oberflächlicher Beobachter hielt die Aufnahmen für unterexponiert. Alban Köhler hat uns ebenfalls mittels

der Röntgenstrahlen ein ganz neues Krankheitsbild dargestellt. Die Patienten klagten über Beschwerden im Bereich des Os naviculare pedis; die Röntgenuntersuchung ergab jedesmal ein verändertes Aussehen des Os naviculare.

Die Größe betrug ein Viertel bis die Hälfte des Normalen. Die Gestalt war unregelmäßig, schmal, mit zackigem und höckerigem Kontur. Der Kalkgehalt schien wesentlich erhöht. Eine Architektur der Spongiosa ließ sich nicht erkennen, auch war eine abgegrenzte Corticalis nicht zu unterscheiden.

Fig. 207.



Sekundärer chronischer Gelenkrheumatismus (Hoffa-Wollenberg) (hochgradige Knochenatrophie).

Diese Köhlersche Erkrankung ist bei allen Patienten allmählich in Heilung übergegangen und verdient in röntgendiagnostischer Hinsicht unser größtes Interesse.

P. Krause-Bonn hat ebenfalls ein neues Krankheitsbild beschrieben, welches sich klinisch und röntgenographisch als eine ausgedehnte Verkalkung der Muskulatur, insbesondere der sehnigen Enden der Muskeln, darstellte und eine ganz auffallende Versteifung des ganzen Körpers zur Folge hatte. Im Gegensatz zur Myositis ossificans progressiva nennt Krause diese Erkrankung Calcinosis interstitialis.

Der ersteren hat Kienböck eine eingehende Studie gewidmet unter dem Namen des traumatischen intramuskulären Osteoms. Er und

andere fanden im Röntgenbild entlang einer Seite des Röhrenknochens — Femur, Humerus — einen Schattenherd von meist länglicher Gestalt. Später haben diese Osteome meist ein ganz charakteristisches, streifenförmiges, welliges und verzweigtes Aussehen. Nach Machol ist die

Fig. 208.



Arthritis urica.

Hochgradigste Gelenk- und Knochenzerstörungen. Am Daumen: Herd am distalen Ende der Grundphalanx, Knochenatrophie der Endphalanx. Am Index: Knochenherd der Phalanx I und rundlicher großer Gelenkdefekt im Endgelenk. Am Mittelfinger: Knochenherd an der Basis des Metatarsus, kleinere Gelenkdefekte im Metakarpophalangealgelenk, Knochenherde der Grund- und Mittelphalanx. Am Kleinfinger: halbkreisförmiger Gelenkdefekt an der Basis des Metatarsus, hochgradige Knochenatrophie aller Phalangen. (Jacobsohn-Berlin; Fall von Wiesel-Ilmenau.)

Röntgenuntersuchung hier von hohem Werte für die Erweiterung der Kenntnisse der Entwicklung, des An- und Abbaus, wichtig zur Ergänzung des histologischen Befundes und unersetzlich zur Stellung der Prognose. Die konservative Therapie zeitigt günstige Resultate und sollte im allgemeinen die Regel bilden. Operative Therapie ist indiziert bei nervösen Störungen, sonst nur, wenn beträchtliche funktionelle Beeinträchtigung

nach langer Frist noch vorhanden ist. Operative Eingriffe vor Ablauf eines Jahres sind zu widerraten.

Lexer, Delkeskamp und andere haben die Arterien von Knochen nach Injektion einer Quecksilberterpentinölverreibung röntgenographisch dargestellt und dadurch außerordentlich wertvolle und plastische Aufschlüsse für die Entstehung entzündlicher Knochenherde und bei anderen Knochenerkrankungen und Frakturen gegeben.

Von Robinsohn und Werndorff wurde zwecks besserer Differenzierung von Gelenkteilen auf Röntgenbildern die Einblasung von Sauerstoff in die Gelenke eingeführt. Wollenberg hat dann (gemeinsam mit dem Drägerwerk in Lübeck) einen ausgezeichneten Apparat konstruiert, der chemisch reinen Sauerstoff liefert und eine ziemlich genaue Dosierung gestattet. Es würde zu weit führen, genauer auf diese Technik einzugehen, zumal entsprechende Vorschriften bei Bezug des Apparates mitgeliefert werden. Die Fig. 209 zeigt ein Kniebild von Wollenberg, dessen Einzelheiten sich ohne weiteres ergeben. Denn gerade das Kniegelenk ist zur Untersuchung mit Sauerstoff geeignet, und Hoffa und Wollenberg haben durch ihre sorgsamen Arbeiten wesentlich zur Deutung der komplizierten Knieröntgenogramme beigetragen. Von Schwarz und Albert Kaisin ist zum Vorteil der Methode empfohlen worden, oberhalb des zu insufflierenden Gelenkes den Esmarchschen Schlauch umzulegen, um eine größere, plötzliche Gasansammlung im zirkulierenden Blut mit ihren Folgen zu vermeiden.

Fig. 209.



Normales Kniegelenk nach Wollenberg, mit Sauerstoff aufgeblasen.

Daß dies Sauerstoffverfahren auch die Darstellung von freien Gelenkkörpern, besonders im Kniegelenk, wesentlich gefördert hat, ist sicher, wenn uns dies auch früher schon wiederholt gelungen ist teils in Fällen, wo die klinischen Symptome bereits darauf hinwiesen, teils in solchen, wo wir dieselben nicht vermuteten.

Zum Schluß will ich noch an die schon in dem Kapitel „Normale Verhältnisse“ gegebene Röntgendarstellung der Sella turcica er-

innern und darauf hinweisen, daß Ausbuchtungen und Zerstörungen derselben Rückschlüsse zulassen auf Tumoren, entzündliche Prozesse usw. in diesem Bezirk. Als erster hat Oppenheim 1902 einen derartigen Röntgenbefund erhoben, Alban Köhler, Fuchs, Erdheim, Anton und wir selbst konnten zahlreiche Fälle röntgenographieren. Vorsicht in der Deutung ist stets geboten, da auch normalerweise individuelle größere Schwankungen in der Größe der Sella vorkommen. Anton hat besonders auf den großen Wert hingewiesen, den die Röntgenauf-

Fig. 210.



Freie Körper im Kniegelenk.

Aus der Tiefe des in mittlerer Beugestellung befindlichen Kniegelenkes ragt zwischen Tibia und Femurkondylen ein porös aussehender Körper von annähernd Bohnengestalt, der sich nach allen Seiten hin gegen die umgebenden Knochenteile deutlich abgrenzen läßt. Derselbe rief bedeutende Störungen hervor, ohne sonst nachweisbar zu sein. Er stammt jedenfalls aus der oberen vorderen Tibiagelenkfläche. (Verknöchertes Meniskusstück.)

Ein zweites länglich-ovales Knochenstück lagert hinter dem äußeren Femurkondylus. Dieses stellt das laterale Sesambein des Kniegelenks dar, die Fabella.

nahmen des ganzen Hirnschädels für die Beurteilung von Entwicklungsstörungen des Gehirns haben; er hat die auffallendsten Anomalien (lokal und total) im Schädelgehäuse nachgewiesen, Beziehungen zwischen Schädel und Hirn aufgedeckt usw. Ähnlich hat Schüller die am Röntgenbilde erkennbaren Schädelveränderungen bei intrakranieller Drucksteigerung studiert; aus denselben kann 1. das Vorhandensein eines chronischen, hirndrucksteigernden Prozesses (Tumor cerebri oder Hydrocephalus oder Hirnhypertrophie oder Schädelverengerung infolge von prämaturer Nahtsynostose, bzw. infolge von konzentrischer Schädelverdickung) auch

in jenen Fällen erschlossen werden, wo das klinische Bild nicht mit Sicherheit die Diagnose eines hirndrucksteigernden Prozesses zu stellen erlaubt, können 2. zuweilen Anhaltspunkte für die Bestimmung der erkrankten Hirnhälfte oder 3. selbst für die genauere Lokaldiagnose eines Hirnherdes gewonnen werden; 4. für die Annahme des Vorhandenseins eines Hydrocephalus internus liefert der Nachweis einer Erweiterung der Sella turcica ein beachtenswertes Argument.

Frakturen und Luxationen.

Von Anfang an waren wir uns darüber einig, daß gerade für das so wichtige und große Gebiet der Knochenbrüche, der Verrenkungen, der Verstauchungen und Quetschungen das Röntgenverfahren von ganz hervorragender Bedeutung sei. Unsere Erwartungen sind gerechtfertigt worden. In zahlreichen größeren und kleineren Arbeiten haben sich eine Reihe von Autoren mit der Beschreibung und genaueren Erforschung der genannten Verletzungen beschäftigt, indem die einen kasuistische Mitteilungen brachten, andere bestimmte Typen sammelten und eingehender besprachen, wobei sie sowohl der durch die Röntgenaufnahmen in verschiedenster Hinsicht gebotenen Vorteile gedachten, als auch gleichzeitig neue wertvolle Aufschlüsse für die Anatomie und Pathologie dieser Knochen- und Gelenkverletzungen gewannen.

Erstlich ist die zu den üblichen Untersuchungsmethoden ergänzend hinzutretende Röntgenaufnahme imstande, eine richtig gestellte Diagnose zu bestätigen oder aber in Fällen, wo sonst eine Narkosenuntersuchung nötig gewesen wäre, ohne diese und trotzdem ohne Schmerzen für den Patienten ein absolut sicheres und untrügliches Bild der in der Tiefe liegenden Verletzung zu geben.

Dadurch hat die Aufnahme einen direkten wohltätigen Einfluß auf unsere therapeutischen Maßnahmen. Werden wir doch z. B. in Fällen bei starker winkliger Knickung des Knochens ohne Dislokation der Knochenenden nicht viel an den Frakturstücken herumziehen und herumbiegen und dadurch womöglich die Knochenbälkchen noch mehr voneinander trennen, zumal wir, wie Oberst mit Recht hervorhebt, noch Blutungen und andere Nebenverletzungen durch solche unnötige Manipulationen schaffen können. Anderseits werden wir selbst bei minimalen Verschiebungen, die durch Messung bei den oft stark geschwollenen Gliedern kaum zu konstatieren sind, immer versuchen, unter gehöriger Extension den Verband anzulegen, oder erst dann, wenn durch eine längere und genügend starke Extensionsbehandlung die Verschiebung möglichst oder ganz ausgeglichen ist.

Ferner ist besonders die ausgezeichnete Kontrolle der Wirkung jeglichen Verbandes hervorzuheben. Den Strahlen leisten ja weder die gewöhnlichen Verbandarten Widerstand, noch der Gipsverband. Wir haben

uns mitunter, wo wir alles getan zu haben glaubten, auf recht wenig genügenden Korrekturen ertappt, und so ist es auch vielen anderen ergangen. Äußerst schwierig ist es bei einer vollständigen Durchtrennung, z. B. des Femurs oder beider Unterschenkelknochen, eine wirklich gute Einrichtung vorzunehmen. Und die Palpation und das Meßband täuschen, wie wir uns häufig überzeugen konnten, gewaltig. Wir haben deshalb stets im Gipsverband Aufnahmen angefertigt und uns wiederholt veranlaßt gesehen, den betreffenden Verband zu entfernen und nach nochmaliger Extension und Einrichtung einen neuen Gipsverband anzulegen, trotzdem wir schon vor dem ersten Verband eine meßbare Verlängerung des Gliedes vor uns hatten; die Frakturenden standen trotz alledem noch schlecht. Oberst hat wiederholt betont, daß bei den Frakturen der langen Röhrenknochen sich die Dislocatio ad axin und peripheriam immer sehr leicht, vollkommen und sicher beseitigen läßt, während die unblutige Aufhebung einer auch nur geringen Dislocatio ad latus und ad longitudinem oft auf die größten, hie und da unüberwindlichen Widerstände stößt.

Drittens ermöglicht die Röntgenographie die direkte Beaufsichtigung des Heilungsverlaufs selbst. Wir sehen nach gewisser Zeit, wie an die Stelle der früheren Bruchlinie eine mehr oder minder feste Vereinigungsmasse getreten ist, die das Licht nicht mehr so stark durchläßt; damit können wir unsere Versuche zur Prüfung der Konsolidation einschränken und eventuell nach dem Aussehen des Bildes, ebenso wie bei Osteotomien und Osteoklasen, wo äußere Festigkeit besteht, anordnen, den Verband und die Schienen noch länger zu tragen, um Knochenverbiegungen vorzubeugen.

Wir können anderseits vor uns selbst und vor anderen unsere Heilungsresultate ganz objektiv begutachten und für die Zukunft aus weniger guten Erfolgen lernen, unsere Fehler zu vermeiden oder im voraus zu sagen: In Fällen, die so und so liegen, wird voraussichtlich die Heilung schnell und gut vonstatten gehen oder überaupt keine ideale Heilung zu erreichen sein. Auch Oberst und andere haben ja bei ihrem großen Beobachtungsmaterial die trübe Erfahrung gemacht, daß die idealen Heilungen viel seltener sind, als man früher angenommen hatte. — Was die Bedeutung der Röntgenbilder zur Begutachtung für Berufsgenossenschaften anlangt, die gerade mit dem eben Gesagten in nahem Zusammenhange steht, so wollen wir darüber in einem besonderen Kapitel sprechen.

Außer den bisher aufgezählten Vorteilen gibt das Röntgenverfahren noch interessante Aufschlüsse in Fällen, wo ohne dasselbe überhaupt die Diagnose Fraktur nicht gestellt werden kann, sei es wegen der zu großen Dicke der Weichteile, sei es wegen des Verborgenseins der frakturierten Knochenteile bei ziemlich wenig ausgesprochenen Beschwerden, oder aber zur späteren Konstatierung eines früher nicht diagnostizierten Bruches.

Wir und andere haben ferner eine ganze Anzahl von Fällen, die bei den uns geläufigen Untersuchungsmethoden für Kontusionen oder Distorsionen gegolten haben, als Knochenverletzungen nachgewiesen.

Verrenkungen sind gleichfalls häufig mißdeutet und nicht erkannt worden, oder es lagen vorher nicht diagnostizierte Komplikationen von seiten der Knochen vor.

Von verschiedenen Forschern ist speziell über die Entwicklung des Callus auf Grund von Röntgenbildern gearbeitet worden. Denn auch hierfür war das Röntgenbild berufen, sehr interessante Aufschlüsse zu geben.

Zu diesen mehr allgemeinen Auseinandersetzungen müssen wir noch einiges bezüglich der Technik hinzufügen. Handelt es sich um frische Verletzungen, wo die Patienten Schmerzen haben, soll man den fluoreszierenden Schirm nicht zu lange gebrauchen, da die Hantierungen bei der Durchleuchtung stets Anlaß zu neuen Schmerzen geben. Man wird allerdings, wenn es irgend angeht, eine Betrachtung mit dem Schirm vorausgehen lassen, vor allem, wenn es sich um intelligente Patienten handelt. Meist liegt es hingegen so, daß die Patienten aus Furcht und Unkenntnis dem Versuch einer Durchleuchtung widerstreben. Man soll sich dann nicht zu lange aufhalten, zumal die Patienten heutzutage wissen, daß zur Erkennung von eventuellen Knochenverletzungen nicht mehr wie früher Schmerzen notwendig sind; sie verlieren dann leicht das Vertrauen oder versteigen sich sogar zu Vorwürfen. Nach der äußeren Untersuchung und mehr oder minder genauen Diagnosenstellung schreiten wir sofort zur Röntgenaufnahme. Die heute übliche direkte Kokainisierung an der Frakturstelle erleichtert mitunter die Untersuchung noch mehr.

Mit G r a s h e y halten wir für die Ruhigstellung des frisch verletzten Körperteils eine möglichst bequeme und schmerzfreie Lagerung für am wichtigsten; die Bruchstelle soll fest auf der Platte aufliegen und die benachbarten Gelenke sind exakt zu fixieren. Handelt es sich eventuell um feine Frakturspalte, so nähere man die Röhre nicht dem Körperteil, sondern man wähle einen Fokalabstand von 60—70 cm; nur so erhält man absolut klare Strukturbilder. Man vergesse auch nicht, daß ein negatives Röntgenbild bei Nachuntersuchungen nicht ein Beweis gegen eine stattgehabte Fraktur ist.

Dabei ist zu betonen, daß wir bei allen, nach der ersten Aufnahme nicht ganz klar liegenden Fällen noch eine zweite in etwas anderer Richtung durch das Glied machen, desgleichen bei Verletzungen, die ein Gelenk betreffen und als solche selbst auf dem Röntgenogramme noch nicht unbestritten deutlich zu erkennen sind. Ebenso ist es oft absolut notwendig, von der gesunden Seite bei gleicher Lagerung eine Vergleichsaufnahme anzufertigen.

Daß bei Frakturen, besonders denen komplizierterer Skelettpartien,

und bei den Luxationen die Stereoskopaufnahmen einen ausgezeichneten plastischen Aufschluß geben, wollen wir an dieser Stelle besonders betonen.

Hammonds verfährt bei Knochenbrüchen folgendermaßen: Er macht zunächst zwei Aufnahmen in zwei verschiedenen Richtungen. Während diese Platten entwickelt werden, bereitet er die Schienen, den Verband und alles Nötige vor. Nach Entwicklung der Platten wird der Patient, wenn nötig, narkotisiert und die Reposition besorgt. Sobald diese gelungen, wird der Verband provisorisch angelegt und, während der Patient noch narkotisiert ist, eine neue Aufnahme gemacht. Zeigt diese Platte, daß die Reposition gut ausgefallen ist, dann wird der Verband endgültig angelegt. Erscheint die Reposition noch nicht gelungen, so wird ein anderer Versuch und eine weitere Aufnahme gemacht; und so fort, bis zur vollendeten Reposition.

Dieses Verfahren nimmt $^1/_2$—1 Stunde in Anspruch.

Jeder wird es wohl schon erlebt haben, daß die Patienten mit veralteten Fällen gleich ihr Röntgenbild mitbringen, oft genug sieht man dann, daß die Bilder nicht in der richtigen Lage des Gliedes aufgenommen sind und somit ganz falsche Verhältnisse zeigen. Auch hier ist es selbstverständlich notwendig, ein neues Bild anzufertigen.

Ehe wir weitergehen, müssen wir noch auf einen, für uns Praktiker recht schmerzlichen Punkt hinweisen. Wenn wir die Röntgenbilder durchmustern, die die Entwicklung der Knochen bis zum vollendeten Wachstum zur Darstellung bringen, so müssen wir eingestehen, daß von uns und anderen durch Unkenntnis der normalen Verknöcherungsprozesse und Sesambeine früher häufig Knochenbrüche, Knochenabsprengungen fälschlich aus den Röntgenbildern herausgelesen wurden. Es ist deshalb das Studium der jetzt vorliegenden vorzüglichen Atlanten wiederholt zu empfehlen. Nur so und durch Aufnahmen der gesunden Seite wird man sich vor Irrtümern bewahren können.

Ich erinnere hier ganz besonders an die Knochenkerne der Ulna- und Radiusepiphyse und an diejenigen im Bereich des Ellbogen- und Kniegelenks (schnabelförmiger Fortsatz der oberen Tibiaepiphyse). Ferner erwähne ich die Schatten des Sesamon cubiti, die Ossa sesamoidea in der Kniebeuge (Fig. 210) und die zahlreichen Varietäten des Fußskeletts (Sick): Os trigonum tarsi (Pfitzner) hinter dem Talus liegend und eine Fortsetzung desselben bildend; Os tibiale externum in der Sehne des Tibialis posticus hinter dem Os naviculare und medianwärts vom Talus liegend; Os peroneum in der Sehne des Musculus peroneus auf dem Cuboideum gleitend. Die sonstigen selteneren Variationen müssen bei Wilms und Sick[1]) eingesehen werden.

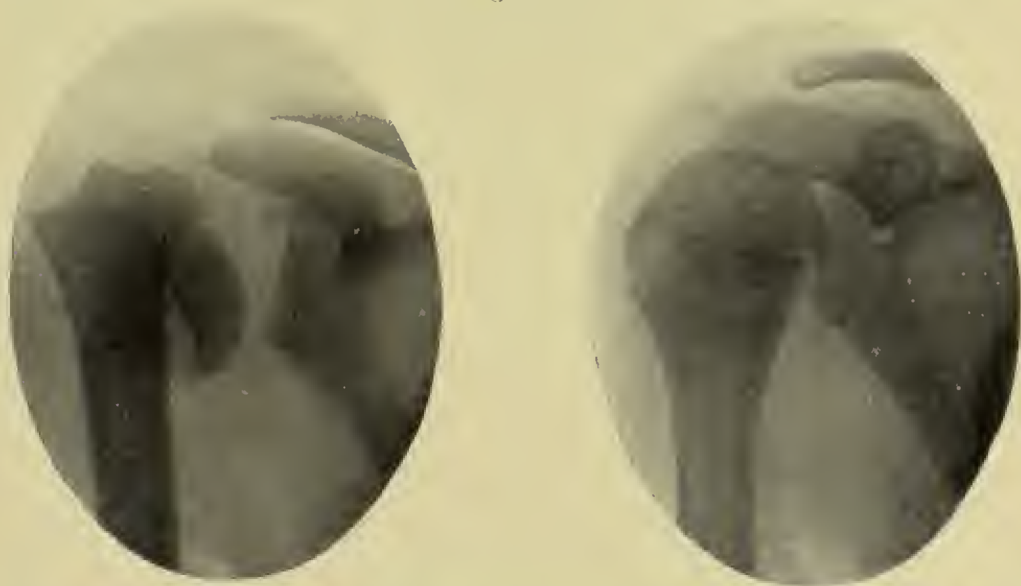
Für die Beurteilung der Schädelfrakturen hat das Röntgen-

[1]) Die Entwicklung der Knochen der Extremitäten von Wilms und Sick, Hamburg 1902, Lucas Gräfe & Sillem.

verfahren bisher wenig geleistet. Wir konnten schon früher einen Bruch des Stirnbeins zur Darstellung bringen. G r a s h e y und I m m e l m a n n haben Sprünge im Hirnschädel nachgewiesen, besonders deutlich solche, welche die Seitenwand der Schädelkapsel betrafen. So sah G r a s h e y unter anderen eine lange Fissur in der Scheitelbeinregion, die klinisch nicht einmal vermutet war.

Von B r ü c h e n d e r G e s i c h t s k n o c h e n sind solche des Unterkiefers beschrieben worden. Die Bilder waren besonders interessant, weil sie die Wirkung des betreffenden Zug- und Retentionsverbandes, sowie die erreichte Fixation der Bruchstücke gut demonstrierten. Um Sprünge im Unterkieferkörper nachzuweisen, empfiehlt G r a s h e y, das vorgestreckte Kinn auf die Platte zu legen und von oben und vorne her zu belichten.

Fig. 211.



Epiphysenlösung des Humeruskopfes durch Extensionsbehandlung von B a r d e n h e u e r geheilt.

Die Vorteile der Röntgendiagnose bei Brüchen im Bereich des S t e r n u m s, der S c a p u l a oder der C l a v i c u l a sind nicht sonderliche, außer bei Schlüsselbeinverletzungen in der Nähe des Akromions. Man stelle aber bei unsicherer Diagnose stets ein Bild der gesunden Akromialpartien her, um nicht Täuschungen zu verfallen. Auch für die Erkennung der R i p p e n f r a k t u r e n tritt im allgemeinen das Röntgenbild zurück.

Die Darstellung der W i r b e l s ä u l e macht heute bei sorgsamer Technik keine Schwierigkeiten mehr. So sind denn auch zahlreiche Mitteilungen erfolgt über Kompressionsfrakturen der Wirbelkörper, über Frakturen der Querfortsätze und deren Folgezustände; dichtere Schatten wurden sehr richtig als entzündliche Residuen von Verletzungen der Wirbel und Bandauflagen, aufgehellte und verschwommene Partien als Osteoporose gedeutet. G r a e ß n e r hat eine Fraktur der Massae lat. sin. des Atlas durch das Röntgenbild belegt, F r i t z s c h e[1]) Frakturen des

[1]) Technik siehe S. 254.

Zahnfortsatzes des Epistropheus. Immelmann hat bis April 1907 allein 30 Frakturen der Lendenwirbelsäule dargestellt. Ludloff hat sich besonders mit den Verletzungen der Lendenwirbelsäule und

Fig. 212.



Luxation zwischen dem 4. und 5. Halswirbel (Rommel-Berlin).

des Kreuzbeins beschäftigt und mit Recht auf die großen Schwierigkeiten in der richtigen Deutung des Röntgenbefundes am unteren Ende der Wirbelsäule hingewiesen; ebenso Pförringer und Fischer.

Die eingehendste Arbeit über die Röntgendiagnose von Wirbelver-

letzungen stammt von S i m o n - Stockholm[1]). Er hat auf seinen sehr schönen Bildern Luxationen von Wirbeln, Bogenbrüche, Gelenkfortsatzbrüche, Körperbrüche und solche der Processus spinosi nachgewiesen und resümiert auf Grund seiner sorgsamen kritischen Untersuchungen:

Durch die Röntgenuntersuchung konnte in vielen Fällen eine sichere Diagnose auf Wirbelverletzung gestellt werden, in denen das Vorhandensein einer solchen klinisch nicht bewiesen werden konnte.

Für die Abgabe von Gutachten für Unfallversicherungen ist daher die Röntgenuntersuchung von auffallender Bedeutung.

Fig. 213.



Früher fälschlich als Fractura olecrani angesehen; in Wirklichkeit handelt es sich um die durch Trauma getroffene Olekranonepiphyse (Processus anguli olecrani).

Durch die röntgenologisch gesicherte Lokalisation und Bestimmung der Art der Verletzung erhält man eine wissenschaftliche Grundlage für die Stellung der Prognose und für die notwendigen therapeutischen Maßnahmen; so z. B. in dem Fall von R o m m e l Fig. 212.

Verletzungen am Rückenmark und an den Nervenwurzeln können in vielen Fällen scharf lokalisiert werden, wenn sie durch direkte Knochenkompression hervorgerufen werden. Dadurch kann am Lebenden ein wertvolles Material für die Frage der Segmentdiagnostik des Rückenmarkes zusammengestellt werden. Auf diesen letzten wichtigen Punkt hat v. L e y d e n gleichfalls schon 1905 hingewiesen.

---

[1]) Über die Röntgenanatomie der Wirbelsäule und die Röntgendiagnose der Wirbelverletzungen von S i m o n - Stockholm, Fortschr. auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen 1910, Bd. XIV, Heft 6, S. 353.

Daß Frakturen im Bereich des Beckens durch die Röntgenstrahlen eine wesentliche Aufklärung erfahren, oft erst als solche erkannt werden, ist sicher.

Die größte Wichtigkeit hat die Röntgenaufnahme aber, wie wir schon anfangs erwähnt, für die genaue Klarstellung der Knochenverletzungen, die sich im Bereiche oder ganz in der Nähe der Gelenke vorfinden; sind wir doch selbst imstande gewesen, durch eine ganze Reihe derartiger Beobachtungen den Beweis zu liefern, daß Frakturen hier viel häufiger sind, als man früher annahm. Was zunächst die Schultergelenks-

Fig. 214.



Olekranonfraktur.

Das Olekranon ist doppelt frakturiert, einmal an seiner Basis, wo die Bruchlinie schräg von vorn nach hinten unten verläuft, so daß der ganze Fortsatz und auch ein Teil des Ulnaschaftes eingebrochen ist. Außerdem war die Spitze des Olekranon vollkommen abgetrennt und von der Tricepssehne nach oben gezogen: durch einen Silberdraht wurde das losgetrennte Stück wieder vernäht. Wir sehen auf dem Bilde den Effekt der Operation. Der abgesprengte Teil hat sich recht gut anlegen lassen, der Silberdraht ist in seiner Lage vollkommen sichtbar.

verletzungen anlangt, so haben wir und andere neben einfachen Luxationen auch solche mit Frakturen kompliziert gesehen: einmal fanden wir z. B. gleichzeitig das Akromion abgerissen, ein andermal Frakturen am oberen Humerusende usw.

Eine Epiphysenlösung des Humeruskopfes zeigt Fig. 211. Die beiden Abbildungen stammen von Bardenheuer und demonstrieren seine und seiner Schüler Erfolge der Extensionsbehandlung bei Fraktuien; ebenso die Fig. 216.

Bei Traumen, die das Ellbogengelenk getroffen hatten, sei es direkt oder indirekt, und die zu der Diagnose Kontusion geführt hatten, ergab das Röntgenbild in einer großen Anzahl von Fällen Olekranonfrakturen (Fig. 214): es war keine Krepitation, keine Difformität, kein

auf einen Punkt besonders lokalisierter Druckschmerz nachzuweisen, trotzdem eine nur unbedeutende Schwellung vorlag. Eine ganze Reihe von unkomplizierten Ellbogengelenksluxationen, wie eine Fig. 215 verdeutlicht, bekamen wir zur Aufnahme. In anderen Fällen bestand gleichzeitig eine Absprengung vom Condylus internus; einigemal rutschte bei jedem Versuch zu reponieren — und die Reposition ging ganz leicht vonstatten — das losgebrochene Knochenstück in das Gelenk hinein, so daß ohne Operation kein gutes Resultat zu erreichen war. Derartige veraltete

Fig. 215.



Luxatio cubiti.

Fälle, die zu ganz erheblicher Funktionsstörung geführt hatten, sind uns wiederholt vorgekommen. Über eine typische Fraktur, die dicht oberhalb der Kondylen des Humerus kurz hintereinander viermal beobachtet wurde, berichtete Hoeftmann-Königsberg. Es handelte sich stets um eine Dislokation des Humerus nach vorn, so daß das untere Ende des oberen Fragmentes ein knöchernes Hindernis für die Flexion abgab. Durch Abmeißelung dieses prominierenden Stückes wurde die Bewegungsstörung behoben. Infraktionen an dieser selben Stelle, T-Frakturen am unteren Humerusende konnten wir häufig bildlich darstellen.

Einen suprakondylären Flexionsbruch mit der Spitze des Winkels

nach hinten zeigt Fig. 216 vor und nach der Einrichtung mit Hilfe der Extensionsschiene von Bardenheuer.

Auch sehr schwere Verletzungen im Ellbogengelenk hatten wir zu verzeichnen, wo z. B. neben der Fraktur des Olekranons an der Basis eine

Fig. 216.



Suprakondylärer Flexionsbruch am unteren Humerusende von Bardenheuer geheilt.

Luxation des Radius nach vorn mit Infraktion des Köpfchens vorlag. Alle diese Verletzungen sind, besonders wenn das Gelenk infolge des Blut-

Fig. 217.



Isolierte Fraktur des Os navieulare.

Die Handwurzel ist unverletzt bis auf das Os naviculare; dieses ist durch einen breiten Riß von hinten radialwärts schräg nach vorn ulnarwärts in zwei vollständig getrennte Stüeke geteilt, und zwar in ein vorderes und hinteres, von denen das erstere etwa doppelt so groß ist, als das letztere von Dreiecksgestalt. Patient war auf die ansgestreekte Hand gefallen.

ergusses und der Quetschung der Weichteile stark geschwollen ist, selbst für den Geübten sonst sehr schwer zu diagnostizieren und genauer nur in der Narkose zu erkennen.

Aus dem Krankenhause Bergmannstrost-Halle a. d. S. sind sehr wertvolle zusammenfassende Arbeiten gebracht worden. Ich erinnere an die Arbeit von Kahleiß: „Zur Kenntnis der Frakturen am unteren Ende des Radius", an den vortrefflichen Atlas von Oberst selbst: „Die Frakturen und Luxationen der Finger und des Carpus, die Frakturen des Metacarpus und der Vorderarmknochen" und an die letzte große Arbeit von Wendt: „Die Verletzungen des Ellbogengelenks im Röntgenogramm mit besonderer Berücksichtigung der Frakturen des unteren Humerus-

Fig. 218.



Oberschenkelbruch.

Die Bruchlinie verläuft von hinten oben lateral nach vorn unten innen. Es hat, wie man besonders aus der seitlichen Aufnahme konstatieren konnte, eine Verschiebung der Bruchenden stattgefunden derart, daß das untere Bruchstück nach oben hinten und außen disloziert steht, das obere Bruchstück prominiert nach vorn.

endes"[1]). Wendt bringt hier neben einer sehr instruktiven Darstellung von Röntgenogrammen kindlicher Ellbogengelenke in den verschiedensten Stadien der Verknöcherung ein umfassendes Material von

1. suprakondylären Humerusfrakturen (denen die viel selteneren T-, Y- und V-förmigen Frakturen angegliedert sind);
2. Frakturen des Epicondylus internus;

[1]) Hamburg 1910, Lucas Gräfe & Sillem.

3. Frakturen des Condylus externus;
4. Frakturen des Condylus internus.

Graeßner hat unter seinem großen Frakturenmaterial isolierte Fissuren und Frakturen der verschiedensten Epiphysenkerne (ohne Lösungen in der Epiphysenlinie) durch das Röntgenbild nachweisen können; alle diese Verletzungen waren durch direkte Gewalteinwirkungen entstanden und wurden vorher als Kontusionen angesehen.

Für die Oberschenkelfrakturen, deren eine die Fig. 218 illustriert, haben wir die Bilder besonders benutzt, um den Erfolg unserer Exten-

Fig. 219.



Fractura patellae.

Das Kniegelenk befindet sich in mittlerer Beugestellung, die Patella ist in zwei Teile, einen größeren oberen und einen kleineren unteren, gebrochen. Das untere Bruchstück ist nach vorn umgekippt, so daß nunmehr der oberen wagrecht stehenden Bruchfläche nicht die untere gegenübersteht, sondern mehr die hintere Kante derselben. Wären das Kniescheibenband und die seitlichen Haltbänder derselben vollkommen zerrissen, so würde das obere Bruchstück bei dieser gebeugten Haltung durch den Muskelzug des Quadriceps weiter nach oben gezogen und somit ein breiterer Bruchspalt vorhanden sein.

sionsbehandlung zu kontrollieren, die wir bei größeren Verschiebungen der Frakturenden einleiteten. Wir haben des öfteren die Extensionsbelastung auf dem Aufnahmetisch selbst weiter wirken lassen und nun während derselben ein Röntgenogramm hergestellt. War die Dislokation ausgeglichen, gingen wir eventuell zum Anlegen eines Gehverbandes über; hatten wir noch immer kein gutes Resultat, wurde für die nächste Zeit noch in der Belastung gestiegen und gewartet, bis die gewünschte Stellung

erreicht war. Über Schenkelhalsbrüche berichten wir in dem besonderen Kapitel über das Hüftgelenk.

Bei Kniegelenksverletzungen ist der Aufschluß der Röntgenbilder oft ausschlaggebend gewesen, zumal hier der starke Bluterguß die sofortige Diagnose durch die äußere Untersuchung allein außerordentlich erschwert oder unmöglich macht.

Kniescheibenbrüche (Fig. 219) sind ja an und für sich leicht zu diagnostizieren, immerhin erinnere ich an einen Fall, wo allerdings eine Infraktion der Patella angenommen wurde, die Aufnahme ergab drei wagrecht verlaufende Frakturen. Wichtig ist es, die Patella gelegentlich der Platte aufzulegen, sie gleichzeitig medial oder lateral zu verschieben und das Röntgenlicht von innen oder außen oben wirken zu lassen. Wir bekommen so die Patella isoliert in der Ansicht von hinten nach vorn (Albers-Schönberg, Baer-Zürich).

Wir können auch hier unsere Verbandarten in ihrer Wirkung kontrollieren; es ist überraschend, wie viel man oft durch einige oben und unten über die Kniescheibenränder aufgeklebte Heftpflasterstreifen erreicht, die in entgegengesetzter Richtung ziehen und die Fragmente einander nähern sollen. Ebenso ist oft in seiner Wirkung vollkommen ausreichend der Schedesche Gipsverband; durch den nicht zu dicken Gips hindurch werden hier die Bruchstücke von oben und unten her mit je zwei Fingern aneinander gedrängt.

Für die Unterschenkelbrüche (Fig. 220) möchten wir das Röntgenverfahren am wenigsten entbehren. Gerade hier bleiben die meisten Störungen zurück, und es muß dem Arzt besonders daran gelegen sein, alles Notwendige getan und nichts durch eine falsche Diagnose versäumt zu haben. Für recht notwendig halten wir hier die Kontrolle im Verbande (vgl. Fig. 221), denn Verschiebungen, besonders wenn beide Knochen gebrochen sind, sind doch recht schwer zu vermeiden. Desgleichen können wir die Fibulafrakturen im oberen Teil und die Malleolarfrakturen genauer bestimmen.

Recht schwer kann es ferner sein, bei Verletzungen, die das Fußgelenk und seine nächste Umgebung getroffen haben, eine genaue und richtige Diagnose zu stellen. Manche Frakturen werden hier als Distorsionen und Kontusionen gedeutet, mag es sich nun um das Gelenk selbst oder um die Knochen des Mittelfußes handeln. Wenn in der Statistik von Bruns die Frakturen aller Fußknochen zusammengenommen nur mit kaum 2 % verzeichnet sind, so muß es auffallen, daß wir seinerzeit unter 243 Frakturen, von denen 24 als inveteratae abgehen, allein 7 Talus- und 8 Calcaneusfrakturen aufgezeichnet und durch Röntgenbilder belegt haben. Das macht allein schon, abgesehen von den Frakturen der anderen Fußknochen, 6,8 %.

Daß wir und andere früher Talusfrakturen — Abtrennung der so-

Fig. 220.



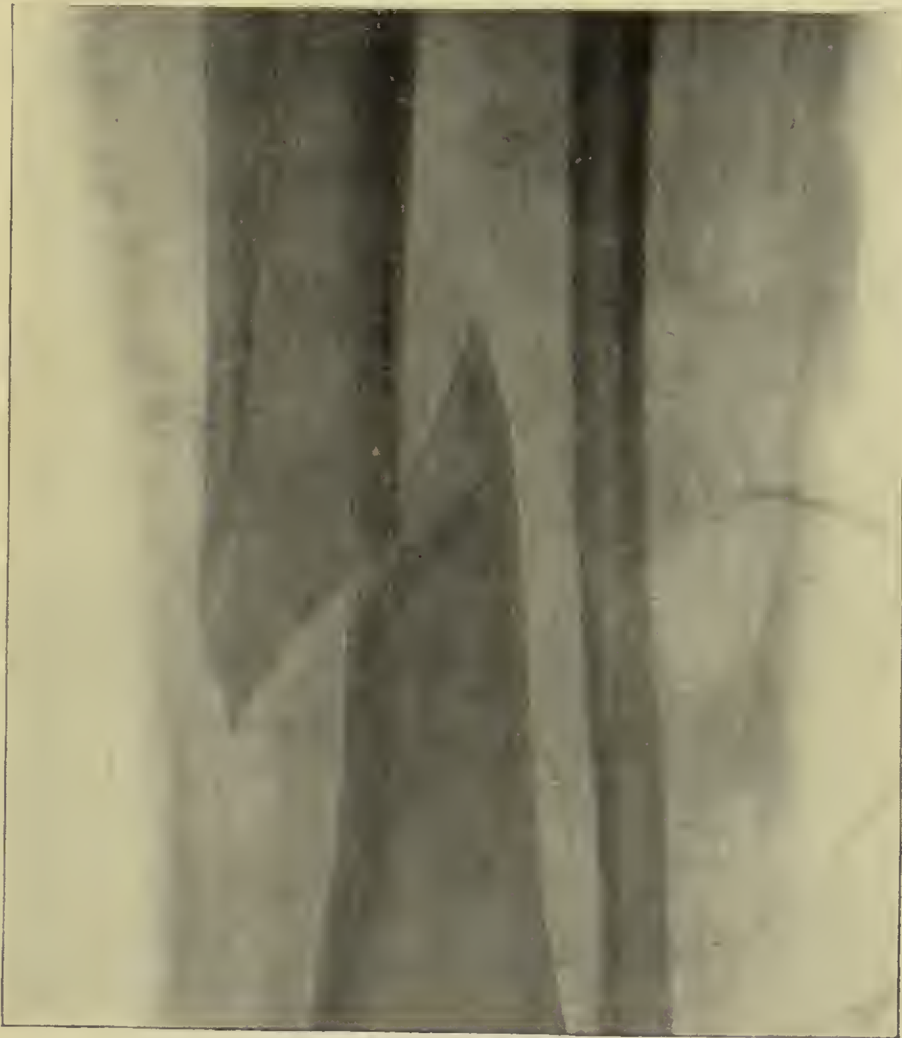
Zertrümmerungsbruch des Unterschenkels.

Die Tibia ist an der Grenze des mittleren und unteren Drittels zertrümmert, und zwar haben wir einmal das obere und untere Bruchstück, außerdem noch zwei große, losgetrennte Knochenstücke, welche nach vorn zu liegen und mit ihren oberen Spitzen gegen die Haut andrängen. Die Bruchlinie des distalen Bruchstückes verläuft bei der Tibia von hinten oben nach vorn unten. Die Fibula ist an zwei Stellen gebrochen, und zwar einmal der Tibiabruchstelle entsprechend, ebenfalls etwas gesplittert, das andere Mal an der Grenze des oberen und mittleren Drittels: die Bruchlinie verläuft auch hier von hinten oben nach vorn unten etwas gewunden.

genannten hinteren Talusapophyse (S e p h e r d) — fälschlich diagnostiziert haben, sei besonders hervorgehoben. Es handelte sich, wie schon oben erwähnt, um das Os trigonum.

Die Schwierigkeiten bei der Diagnose der C a l c a n e u s f r a k t u r e n bestehen im allgemeinen nur darin, den genauen Verlauf der Bruchlinie festzustellen. Zermalmungsbrüche sind leicht zu konstatieren; desgleichen der Rißbruch des Fersenhöckers, Fig. 222. Immerhin kann

Fig. 221.



Tibiafraktur im Gipsverband.

Seitlich vom Unterschenkel sehen wir beiderseits die dicke Schicht des Gipsverbandes. Die Knochen erscheinen sehr deutlich. Der Bruch verläuft von hinten oben nach vorn innen unten (Flötenschnabelbruch). Bedeutende Dislokation nach innen und vorn.

auch bei einem weniger schweren Bruch des Calcaneus die Schwellung so bedeutend sein, daß wir nicht imstande sind, eine sichere Diagnose zu stellen. Besonders wertvoll ist die Aufnahme des verletzten Calcaneus nach B a e r - Zürich und S e t t e g a s t: Die Ferse steht auf der Platte und das Licht wirkt von hinten oben.

Die Diagnose der Luxationen im Bereiche des Fußgelenkes wird auch bedeutend erleichtert, vor allem bezüglich der genauen Klarlegung eventueller Nebenverletzungen. So haben wir selbst mehrere Rotationsluxationen

im Talokruralgelenk röntgenographieren können. Trotzdem eine vollständige Verdrehung des ganzen Fußes nach der Außenseite bestand,

Fig. 222.



Rißfraktur des Fersenhöckers.

An dem sonst normalen Fußgelenk sehen wir direkt hinter dem Talokruralgelenk ein großes vom Calcaneus abgerissenes Knochenstück liegen; diesem in Form und Ausdehnung entsprechend befindet sich hinten oben im Calcaneus ein Defekt; auch die normale Konfiguration der Weichteile ist verloren gegangen, es befindet sich hier eine tiefe Delle. Der abgerissene Fersenhöcker ist durch die elastische Kontraktion der Wadenmuskeln nach oben gezogen und liegt in dem Raum, der normalerweise dreieckig zwischen Achillessehne und der tiefen Sehnenschicht vorhanden ist.

waren bei den ziemlich bedeutenden Bandzerreißungen Knochenverletzungen nicht zu verzeichnen.

Einen interessanten Fall stellt noch Fig. 223 dar. Dem Patienten war etwas Schweres auf den Fußrücken gefallen; es bestand Schwellung und Druckschmerz, er konnte aber unter Schmerzen gehen. Nach dem Röntgenbilde diagnostizierten wir einen isolierten Bruch des Os naviculare. Das war aber, wie wir später einsahen, ein Irrtum. Es handelte sich in

Fig. 223.



Hinter dem Os naviculare und medianwärts vom Talus liegt das Sesambein der Sehne des Musculus tibialis posticus: Tibiale externum.

Wirklichkeit nur um eine Quetschung, und das verdächtige Knochenstück war das harmlose Tibiale externum.

Die Metatarsalfrakturen machen im allgemeinen nur diagnostische Schwierigkeiten, wenn eine starke Schwellung vorhanden ist. Immerhin ist es sehr angenehm, durch das Röntgenbild sich von dem Verlauf der Bruchlinie zu überzeugen, die nicht immer durch die Palpation allein klar wird. Recht interessante hierher gehörige Mitteilungen hat zuerst Stechow-Berlin gemacht über die unter dem Namen Schwell-

fuß, Fußgeschwulst oder Fußödem bekannte Erkrankung. Er konnte an mehreren Fällen kurz hintereinander nachweisen, daß zweimal eine Fraktur des 2., einmal eine solche des 4. Mittelfußknochens vorlag; immer hatte nur eine geringfügige Gewalteinwirkung stattgefunden, so daß man gar nicht an eine Fraktur gedacht hatte. Er nimmt mit Recht an, daß meist bei langwierigem Fußödem hinter dem anscheinend harmlosen Leiden eine Knochenverletzung steckt. Das geht auch aus den einschlägigen Arbeiten von Kirchner, Thiele, Kronacher, Meiser, Muskat, Blecher, Nion, Thalwitzer hervor; und Stechow betonte mit Recht schon 1896 die Wichtigkeit des Röntgenverfahrens in erster Linie für die Schnelligkeit und Richtigkeit der Diagnose.

Zum Schluß dieses praktisch ungemein wichtigen Kapitels lasse ich noch einige zusammenfassende Sätze Grasheys[1]) folgen, die die Bedeutung der Röntgenuntersuchung von Frakturen ungemein präzise wiedergeben:

„Bei den meisten Frakturen sind die Röntgenstrahlen den anderen Untersuchungsmethoden weit überlegen, machen diese aber keineswegs entbehrlich, weil die Fehlerquellen der Röntgendiagnostik sowohl nach der positiven als negativen Seite hin zahlreich sind. In einzelnen Fällen sind die alten Methoden auch jetzt noch der Röntgenuntersuchung überlegen (Beispiele: manche Schädelfrakturen, Rippenfrakturen fetter Individuen). Dagegen sind die Röntgenstrahlen unersetzlich zur Erkenntnis des genauen Verlaufs der Frakturlinien (Mechanismus, Dislokation, Gelenkbeteiligung), ferner zur Ermittlung multipler Frakturen, dann aller Frakturen, bei denen eines oder mehrere der klinischen Hauptkennzeichen fehlen, also bei eingekeilten, bei Gelenkfrakturen (Radiusköpfchen, Metakarpalköpfchen, Kniegelenk), bei Scapula-, Handwurzel-, Fußwurzelbrüchen, Metakarpal- und Metatarsalbrüchen, bei Brüchen mit starker Weichteilschwellung, bei den Fissuren und Infraktionen jugendlicher Individuen. Es sind die Röntgenstrahlen allerdings bei ganz einfachen, typischen, klinisch deutlichen Frakturen für den Erfahrenen entbehrlich, aber gleichwohl ratsam, weil bei etwa zurückbleibenden Folgen oft später doch eine Aufnahme, dann unter schwierigeren Verhältnissen, nötig wird. Überhaupt kann der sichere Nachweis stattgehabter Fraktur später einmal für den Patienten sehr wichtig sein. Die Aufnahme jeder Fraktur empfiehlt sich auch bei klinisch eindeutigen Frakturen wegen der manchmal überraschenden Aufklärungen in ätiologischer Hinsicht, nämlich Erkennung pathologischer Frakturen (Cysten, Tumormetastasen im Knochen, Ostitis fibrosa).

Zur Vermeidung falscher Diagnosen sind folgende Regeln zu empfehlen: Negative Röntgenogramme beweisen nichts gegen frische Fraktur, wenn

---

[1]) Grashey, Über die Untersuchung von Frakturen mit Röntgenstrahlen, Fortschr. auf dem Gebiete der Röntgenstr. 1907, Bd. XI, Heft 3, S. 168 und 169.

anamnestisch oder klinisch auch nur ein entfernter Verdacht besteht; gerade auf Grund guter Röntgenogramme muß dieser Verdacht auf Fraktur weitere Grenzen annehmen als früher. Klinisch zweifelhafte Fälle sind, wenn die Verkennung einer Fraktur ungünstige Folgen für den Heilungsverlauf haben könnte (zu frühe Belastung der unteren Extremität), zunächst als Frakturen zu behandeln. Zur Zeit, da man Callusschatten erwarten darf, soll man die Aufnahmen wiederholen. Dies gilt insbesondere für jene Regionen, in denen frontale Aufnahmen nicht möglich sind (Metatarsus, Metacarpus, Clavicula, Schenkelhals, Schultergelenk, Rippen). Die Calluskontrolle empfiehlt sich ferner bei den frisch selten diagnostizierbaren Epiphysenzerrungen (Radius) junger Individuen. Manche Frakturen sind nur bei bestimmten, vom gewöhnlichen Typus abweichenden Aufnahmerichtungen ersichtlich: bei den meisten Frakturen sind mehrere Aufnahmen nötig. Für die Entscheidung, ob ein Bruch fest eingekeilt sei (Schenkelhals!), sind Röntgenogramme nur im negativen Sinne absolut beweisend, für die Diagnose „Pseudarthrose“ dagegen vorwiegend im positiven Sinne. Manche der mit Röntgen sichtbaren Frakturen haben keine unmittelbare therapeutische Bedeutung, sind aber in der Unfallpraxis wichtig als objektive Beweise für eine stattgehabte Gewalteinwirkung und damit sicher verbunden gewesene Weichteilschädigungen. Distorsionen mit Erguß, welche praktisch bedeutsamer sein können als Frakturen (Fußgelenk!), können sich dem Röntgennachweis entziehen.

Der Callus im Röntgenogramm gestattet nur begrenzte Schlüsse. In der Regel ergänzt er nur die klinischen, wichtigeren Erscheinungen.

Das Einrichten und Eingipsen von Frakturen unter Röntgenschirmkontrolle ist eine technisch schwierige, aber für größere Betriebe unerläßliche Aufgabe. Im übrigen kommt der Durchleuchtung nur eine untergeordnete Bedeutung neben dem Plattenverfahren zu (erste Orientierung).

Der Nachweis alter Frakturen ist oft schwierig, bei jugendlichen Knochen oft unmöglich. Aus negativen Bildern werden oft falsche Schlüsse zum Nachteil der Kranken gezogen. Hinter den spät nach einem Trauma (namentlich Handgelenksquetschung) oder Distorsion auftretenden arthritisch deformierenden Erscheinungen verbirgt sich häufig eine (Karpalknochen-)Fraktur, die auf Röntgenogrammen deutlich ist und als auslösende Ursache zu gelten hat.“

Hüftgelenkserkrankungen.

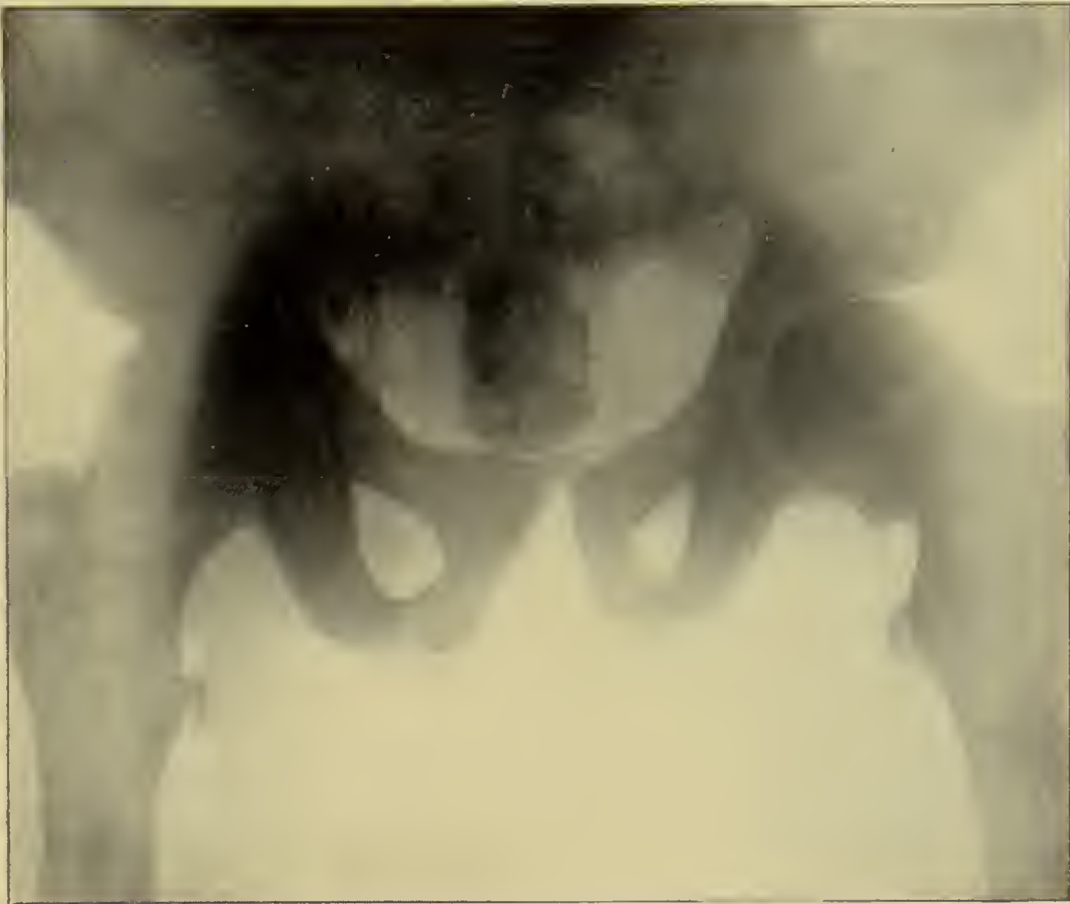
Wenn wir zum Schlusse die Hüftgelenkserkrankungen gesondert betrachten, so rechtfertigt sich dies wegen der großen Mannigfaltigkeit derselben und der großen Wichtigkeit, die die Röntgenuntersuchung bei dem der Palpation so verhältnismäßig wenig zugänglichen Gelenke erhalten hat.

Bei nicht zu breiten Personen wird die Platte so groß genommen, daß man beide Hüftgelenke auf ein Bild bekommt, um so recht gut die kranke mit der gesunden Seite vergleichen zu können. Oft sind wir außerdem gezwungen, zwei Aufnahmen zu machen, einmal während der Patient auf dem Rücken, dann während Patient auf dem Bauch liegt. Denken wir uns nämlich die Röhre über der Körpermitte auf den oberen Symphysenrand zentriert, so erhalten wir in Bauch- und Rückenlage differente Bilder und haben manchmal auf die eine Weise viel besseren Einblick als auf die andere; z. B. bei abnormer Stellung des Schenkelhalses. Bei Anteversion fällt bei der Aufnahme in Rückenlage die Schenkelhalsrichtung mehr oder weniger mit der des Femurschaftes zusammen, d. h. es macht den Eindruck, als sei gar kein Schenkelhals da. Man legt in solchem Fall, wo diese Abnormität vermutet wird, oder wo sich bei der ersten Aufnahme das anomale Bild präsentiert, den Patienten auf den Bauch; bei dieser zweiten Aufnahme wird sich dann herausstellen, ob nur eine Täuschung infolge fehlerhafter Projektion vorlag. Mitunter ist uns daran gelegen, ein recht genaues Bild von der einen Beckenschaufel und dem Pfannenrand zu haben. Wir legen dann den Kranken mit der verletzten Seite derart auf die Platte, daß unter die gesunde Beckenhälfte irgend ein Polster untergeschoben wird. Dies hat nur den einen Nachteil, daß man zum Vergleich noch eine zweite Aufnahme in derselben Lage von der anderen Seite machen muß. Eine Hauptregel ist für Hüftgelenksaufnahmen, daß sich beide Beine stets in derselben Außen- oder Innenrotation befinden, um ein wirklich brauchbares Vergleichsbild für die beiden Seiten zu erhalten. Wenn möglich, soll man die Beine gerade oder sogar etwas nach innen rotiert lagern; die Stellung fixieren wir auch hier am vorteilhaftesten durch Sandsäcke. Wir legen einen Sandsack zwischen die Füße und Unterschenkel, je einen an die Außenseiten und einen quer über die beiden Fußspitzen weg; bei Innenrotation liegen also die Fußspitzen über dem mittleren, bei Außenrotation an und über den beiden äußeren Sandsäcken. Oft muß auch ein Sandsack unter den Kniebeugen liegen, damit der Patient bequemer liegt. Wird die Aufnahme in Bauchlage gemacht, lagern die Fußrücken über einen quer zur Längsrichtung des Tisches liegenden Sandsack, so daß die Fußspitzen die Tischplatte nicht berühren. Auch bei den sehr häufigen Aufnahmen kleiner ungebärdiger Kinder möchten wir die Sandsäcke mit ihren wohlfixierenden Eigenschaften sehr empfehlen. Bei den heutigen Schnellaufnahmen ist die Narkose zu entbehren.

Bei der Besprechung der Verletzungen der Hüfte wollen wir zunächst darauf hinweisen, wie außerordentlich schwierig in einzelnen Fällen die exakte Diagnosenstellung ist, so daß sich selbst erfahrene Diagnostiker irren. Kontusion der Hüfte, Schenkelhalsfraktur und Luxation sind die drei Dinge, deren Nichterkennen oft so großen

Schaden angerichtet hat. Ist es nun einmal wichtig, in der Röntgenaufnahme ein äußerst praktisches Bestätigungsmittel der gestellten Diagnose zu haben, so sind wir vor allem in zweifelhaften Fällen in die Lage versetzt, ohne Schmerzen, ohne sonst notwendige Narkose, ohne große, eventuell schädigende Manipulationen uns von der stattgehabten Verletzung zu überzeugen und danach unsere therapeutischen Maßnahmen zu ergreifen. So wird sich zunächst eine Luxation deutlich abzeichnen, wir finden die Pfanne leer und den Kopf an irgend einer anderen Stelle. Die Frage nach

Fig. 224.



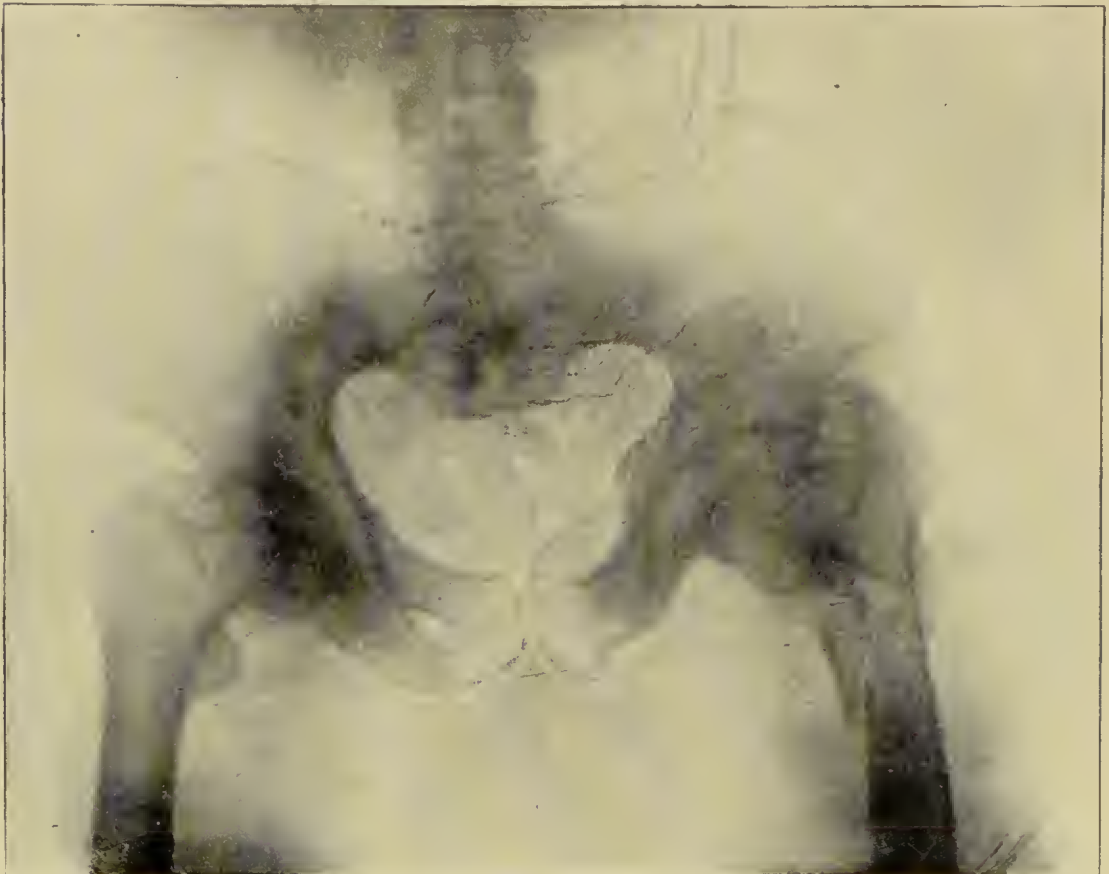
Eingekeilte Schenkelhalsfraktur.

Der obere rechtsseitige Schenkelhalskontur verläuft flacher als links und der Adamsche Bogen hat sich unten tief in die spongiöse Substanz des Schenkelhalses eingebohrt. Man sieht an dieser Stelle einen schmalen Spalt nach oben verlaufen zwischen den beiden Bruchstücken. Der Schenkelhalswinkel ist im Vergleich mit der gesunden Seite bedeutend verkleinert, der Trochanter minor ist dem Schenkelkopf genähert.

der bestimmten Form der Luxation läßt sich aus dem Bild und dem sonstigen Symptomenkomplex genau entscheiden. Auch die Schenkelhalsfrakturen geben gute Bilder (vgl. Fig. 224 und 225). Manchmal ist die Bruchlinie und die Dislokation sehr deutlich. Bei eingekeilten Schenkelhalsfrakturen sehen wir die eingekeilte Stelle durch die Knochenmasse durchschimmern, d. h. wir haben an dieser Stelle einen tiefen, ziemlich scharfen, der eingekeilten Knochenpartie entsprechenden Schatten; zugleich sehen wir, wie der Hals auf diese Weise tiefer getreten ist, der Kopf und Trochanter major stehen in einer Höhe, oder der erstere sogar tiefer, die Implanta-

tion des Schenkelhalses ist eine rechtwinklige oder noch kleinere geworden Wir haben damit das Bild der traumatischen Coxa-vara-Stellung. Außerordentlich schwierig ist besonders bei recht geschwollenen Weichteilen und einem großen Blutergusse die Unterscheidung zwischen einer Kontusion oder einer eingekeilten Schenkelhalsfraktur, vor allem, wenn nur eine minimale Verkürzung besteht. Hier ist die Röntgendiagnose prognostisch besonders wertvoll. Zu welch interessanten Aufschlüssen in einzelnen Fällen die Röntgenaufnahme helfen kann, haben wir und andere

Fig. 225.



Rechtsseitiger Oberschenkelbruch im Gebiet des Trochanter minor.

Nach dem Befunde lag eine Fraktur in der rechten Hüftgelenksgegend vor. Am Übergang der Femurdiaphyse in den Schenkelhals liegt an der Innenseite entsprechend dem Adamschen Bogen ein nach unten zu spitz auslaufendes Bruchstück, welches den Trochanter minor mit umfaßt. Das Bruchstück ist nach oben innen disloziert, der Trochanter minor liegt direkt unter dem unteren Rand des Schenkelkopfes. Der Defekt im Femur durchgreift den Schaft fast ganz, so daß nur eine verhältnismäßig schmale intakte Kompaktabrücke an der Außenseite stehen geblieben ist. Es handelt sich um einen Bruch, wie er von Lihnhart beschrieben ist.

an Fällen gesehen, die in allen Teilen große Ähnlichkeit miteinander hatten. Die Patienten waren auf die Hüfte, d. h. auf den Trochanter major gefallen. Es wurde nach dem ganzen objektiven Befund die Diagnose auf eine Kontusion gestellt, und der Arzt war dann erstaunt, als die Funktion des Gelenkes für lange Zeit eine recht schlechte blieb. Die Patienten hinkten noch nach Monaten, schonten ihr Bein und klagten andauernd über Schmerzen. Auch wir konnten nichts konstatieren außer einer gewissen Beweglichkeitsbeschränkung; Verkürzung, abnorme Stellung,

Fieber usw. war nicht vorhanden. Erst die Röntgenbilder haben dann Klarheit gebracht. Es war am Schenkelhals und Kopf nichts Abnormes zu sehen, dagegen fand sich eine Absprengung am unteren hinteren Pfannenrand; das Bruchstück lag etwas nach unten disloziert. Die Störungen waren nun auf einmal klar und haben noch lange angehalten. Die Prognose von Pfannenrandbrüchen scheint also trotz der gar nicht so bedeutenden Verletzung eine schlechte zu sein. Einen sehr interessanten Fall will ich noch erwähnen; der Patient hatte gleichfalls einen starken Schlag auf den Trochanter major erlitten und kam geraume Zeit nach der Verletzung. Man sah im Gegensatz zu den normalen Verhältnissen der einen Seite auf der verletzten das ganze Pfannengebiet in verschiedenen frakturierten Stücken nach dem kleinen Becken zu vorgetrieben. Der Femurkopf hatte die Pfanne gesprengt. Per rectum ließ sich dann auch die dislozierte Partie gut abtasten. Graeßner, Alban Köhler[1]) und andere haben ähnliche Fälle beschrieben.

Noch wichtiger als bei Verletzungen ist das Röntgenbild für die Diagnose und Beurteilung der angeborenen Hüftgelenksluxation. Zunächst ist nunmehr die Möglichkeit gegeben, uns vor diagnostischen Irrtümern absolut sicherzustellen. Verwechslungen mit Coxa vara, mit den Folgen einer früheren Coxitis oder gar vollkommenes Nichterkennen sind ganz und gar ausgeschlossen. Gleichzeitig orientieren wir uns über die anatomischen Verhältnisse. Wir erhalten zunächst ein klares Bild von dem oberen Femurende, der eventuellen Atrophie desselben, den Verknöcherungsverhältnissen des Kopfes und der Pfanne, von der Topographie des Schenkelkopfes, d. h. seinem relativen Verhalten zur Pfanne und zum Darmbein. Hoffa hat eine Reihe von Typen zusammengestellt, wie der Kopf einmal entsprechend dem oberen Pfannenrande eine feste Stütze am Becken findet, wie in anderen Fällen der Schenkelkopf nach oben und außen vom oberen Pfannenrande verschoben, abgeplattet neben der Spina anterior inferior steht, oder der Kopf rückt unter der Belastung und dem Muskelzug noch höher, so daß die Schenkelhalsspitze in der Höhe der Spina anterior inferior zu liegen kommt, oder er tritt hinter das Darmbein. Die Röntgenplatte setzt uns ferner in den Stand, die Beschaffenheit der Pfanne in gewissem Maße kennen zu lernen. Hauptsächlich drei verschiedene Typen von Pfannen hat schon Kümmell aufgeführt: Becken, in denen beinahe jede Andeutung von Pfannenbildung fehlt (Fig. 226), und zwar bei Kindern im Alter von 14—15 Jahren; von einer Reposition auf unblutigem Wege kann da keine Rede sein. In die zweite Gruppe gehören Becken mit mehr oder weniger stark angedeuteten flachen Pfannen, mit entsprechendem Kopf oder räumlichen Mißverhältnissen

[1]) Die normale und pathologische Anatomie des Hüftgelenks und Oberschenkels in röntgenographischer Darstellung von Alban Köhler, Hamburg 1905. Lucas Gräfe & Sillem.

zueinander. Bei solcher Pfannenformation gelingt die Reposition in jungem Alter sehr leicht, fast ebenso leicht findet aber auch die Reluxation statt (siehe Fig. 227). In einer dritten Gruppe handelt es sich um gut ausgebildete Pfannen mit einem gerundeten überragenden Pfannendach. Diese Fälle sind für die Reposition besonders dankbar, da der Kopf einen wirklich guten Halt in der wohlerhaltenen Pfanne findet. So sind wir also in die Lage versetzt, von vornherein eine den Erfolg unseres Eingriffs betreffende Prognose zu stellen. Dabei wollen wir indessen nicht ver-

Fig. 226.



Luxatio coxae congenita sinistra.

Es besteht eine sehr beträchtliche Atrophie des linken Femur in toto. Infolge der Außenrotation präsentiert sich der Trochanter minor deutlicher, während der Trochanter major zum großen Teil durch den antevertierten Schenkelhals verdeckt wird. Der Schenkelkopf ist ebenfalls kleiner als auf der gesunden Seite. Die Pfanne erscheint ganz abgeflacht. Ein eigentliches oberes Hüftbeindach besteht gar nicht mehr. Die Hoffasche Schenkelhalsspitze steht etwas höher als die noch eben angedeutete Spina anterior inferior. Vom Y-Knorpel ist im Pfannengebiet nichts mehr zu bemerken. Die linke Darmbeinschaufel ist steil aufgerichtet, und überhaupt die ganze linke Beckenhälfte stark nach einwärts gerollt, so daß einerseits der wagrechte Schambeinast sich in viel geringerem Grade mit dem oberen Sitzbeinast deckt und dadurch das Foramen obturatum in ganzer Größe zur Darstellung kommt, so daß anderseits die linke Beckenapertur mehr abgeflacht erscheint.

absäumen, zu erwähnen, daß auch hier das beste Röntgenbild täuschen kann. Wir haben unter den Tausenden Patienten oft nach dem Bild eine schwere und stabile Reposition erwartet, und es kam dann umgekehrt. In anderen Fällen, wo nach dem Röntgenogramm eine ganz flache Pfanne da war, fand eine dauerhafte Einrenkung statt (Fig. 227, 228 und 229). Es sprechen hier eben noch andere besondere Weichteilverhältnisse mit. Außerdem ist besonders hervorzuheben, daß wir bei der Betrachtung des Pfannenbildes nicht deren ganze Tiefe sehen, sondern nur den Verlauf

ihres vorderen Randes. Desgleichen ist zu beherzigen, daß das einfache Röntgenbild als Flächenprojektion nicht direkt die allgemeinen Tiefenverhältnisse, die Stellung des Kopfes zur Pfanne und dem Hüftbein wiedergibt. Durch Übung im plastischen Sehen, besonders bei guten Aufnahmen verschärft man allerdings sein Urteil; das Studium von stereoskopischen Aufnahmen ist sehr zu empfehlen.

Fig. 227.



Luxatio coxae congenita sinistra.

Auf der linken Seite des wohlgebildeten Beckens scheint die Pfanne bezüglich ihrer knöchernen Teile nicht besonders entwickelt. Der Knochenkern des Schenkelkopfes ist kleiner als rechts; der Schenkelkopf steht nicht dem Y-Knorpel gegenüber, sondern in der Höhe der Spina anterior inferior. Infolge beträchtlicher Verdrehung im linken Oberschenkel und Schenkelhals hebt sich letzterer scheinbar nicht winklig vom Femurschaft ab, und der Trochanter major prominiert medial. Sehr plastisch sind die Muskelverhältnisse gezeichnet. Links oben außen der Tensor fasciae latae, davon abwärts der Vastus externus: um beide Hüftgelenke herum die kurzen Hüftmuskeln, die links hochgeschoben bis in das Niveau des Tensor fasciae reichen usw. Auch das rechte Hüftgelenk ist nicht ganz normal, ohne indessen luxiert zu sein.

Es macht übrigens große Mühe, sich in dem Hüftpfannenbild ein für allemal ordentlich zu orientieren, und es gebührt Alban Köhler das Verdienst, in seinem oben erwähnten ausgezeichneten Hüftatlas experimentelle Klarheit in diese verwickelten Linien gebracht zu haben. Aus seinem eben erschienenen, gleichfalls dem Röntgenologen, besonders

dem jungen, sehr zu empfehlenden Buche[1]) stellte mir Köhler folgende Ausführungen zur Verfügung:

Fig. 228.



Rechtsseitige Luxation der hinteren Form.

Fig. 229.

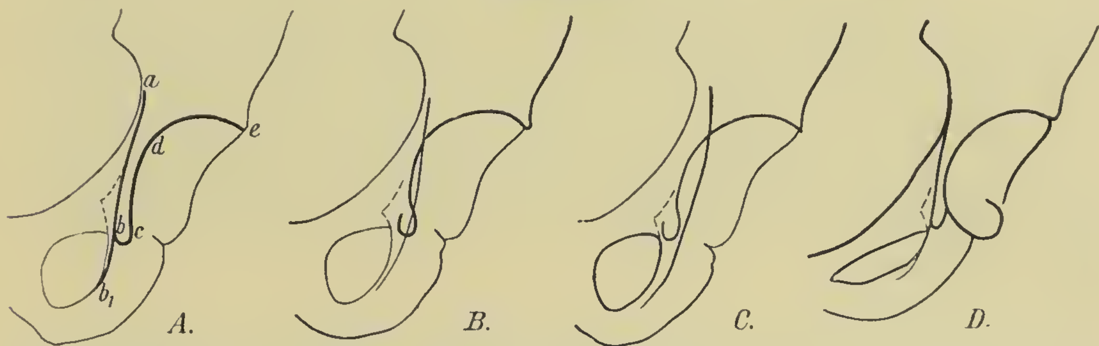


Dieselbe, ein Jahr nach der Behandlung.

[1]) Lexikon der Grenzen des Normalen und der Anfänge des Pathologischen im Röntgenbilde von Alban Köhler, Hamburg 1910, Lucas Gräfe & Sillem.

Der Pfannengrund wird normalerweise als ein etwas flachgedrückter Halbkreis projiziert, in der Mitte unterbrochen von einer Ausbuchtung mit etwas kürzerem Radius, bedingt durch die Vertiefung der Fossa acetabuli. Außerdem kommen hier in der Tiefe des Pfannengrundes noch zwei andere Linien vor, eine kleine Bogenlinie und eine sehr lange, fast gerade Linie. Die drei Linien bilden ein einziges zusammenhängendes Ganze bei Dorsalaufnahmen der Hüfte, und zwar dann, wenn der Röntgenröhrenfokus mehr nach der Mittellinie des Körpers zu stand. Die so entstehende Figur (siehe Fig. 230 A) ähnelt entfernt einer Träne und ist deshalb vom Verfasser Tränenfigur genannt worden. Tränenfigur: der Bogen c d e ist am leichtesten zu verstehen. Er ist der Kontur der Pfannenhöhlung. (Er entspricht genau präzisiert in jedem Falle der Partie der Pfannenwand, die eine senkrecht zu den tangierenden Strahlen gelegt gedachte Ebene schneiden würde.) — Der kleine halbkreisförmige

Fig. 230.



Bogen b c entspricht der Stelle des Knochens, wo der vordere Ausgang der Fossa acetabuli nach hinten zur Wand des kleinen Beckens umbiegt, also der halbzylindrischen Corticalis am und über dem Tuberculum obturatorium posterius (sive laterale superius)[1]. — Die dritte Linie a b b_1 ist der Schatten der in der Strahlenrichtung verlaufenden Wand des kleinen Beckens. Je nachdem der Fokus mehr oder weniger nach der Körpermitte zu stand, handelt es sich um eine mehr ventral oder um eine mehr nach der Spina ischiadica zu gelegene Fläche dieser Wand.

Diese drei Linien entsprechen also nicht irgendwelchen Kanten am Becken noch irgendwelchen stärkeren Spongiosazügen, sondern drei mehr oder weniger gekrümmten Flächen. Sieht man verschiedene Hüftröntgenogramme verschiedener Personen oder derselben Person bei verschiedenen Projektionen durch, so findet man die drei Linien regelmäßig, aber ihre Lage zueinander ist sehr verschieden, wobei aber in fast allen Fällen die Strecke b c d e im Zusammenhang bleibt, während a b b_1 näher an c d e heranrücken und es vollständig überkreuzen kann, so daß die Strecke b c d vollständig medial von a b b_1 zu liegen kommt. Diese so ver-

[1]) Diese Verhältnisse lassen sich nur verstehen, wenn man gleichzeitig ein Skelett zur Hand hat.

schiedenen Figuren können alle normalen Verhältnissen entsprechen und nur durch verschiedene Projektion (Fokusstellung, Beckenneigung, Beckendrehung) hervorgebracht sein. Eine Konfiguration der Linien, wie sie Fig. 230 A zeigt, kommt zustande auf Dorsalbildern, wenn der Fokus über der Körpermitte (bei Kindern auch, wenn er über dem Gelenk) stand; Fig. 230 B entsteht, wenn der Fokus über dem Gelenk, und Fig. 230 C, wenn er lateral vom Gelenk sich befand (auf Ventralbildern sind die Verhältnisse natürlich umgekehrt). Zeichnungen wie Fig. 230 D kommen zustande, wenn die betreffende Beckenhälfte mehr geneigt und gedreht der Platte auflag. Wir treffen also dieses Bild bei Hüftgelenkskontrakturen in Beugestellung an und das Foramen obturatum ganz flach oder vollständig verschwunden, da der Schatten des unteren Sitzbeinastes mit dem des horizontalen Schambeinastes zur Deckung kommt. Der hier im unteren Pfannenschatten neu hinzukommende medialproximal offene Bogen entspricht in der Nähe von c auf eine kurze Strecke dem unteren Ende der Facies lunata, während der größere frei auslaufende Teil dem derben Knochenwulst entspricht, der das Tuber ischii nach oben lateral abgrenzt.

In vielen Röntgenbildern, bei deren Herstellung der Fokus senkrecht über dem Gelenk stand, wird die Köhlersche Tränenfigur dadurch noch komplizierter, daß die Konturen der Spina ischiadica in die Tränenfigur hineinfallen. — —

Am wichtigsten ist, daß wir auch hier unsere therapeutischen Maßnahmen zu kontrollieren vermögen; wir sehen schwarz auf weiß, ob wir eine wirkliche Einrenkung, eine Reposition oder nur eine Transposition des Schenkelkopfes erreicht haben; wir können unseren Erfolg auch anderen unzweifelhaft demonstrieren.

Die Röntgenbilder zeigen uns ferner, woran die Nearthrosenbildung an der Stelle der alten Pfanne mitunter scheitern wird, abgesehen von dem Fehlen des oberen Pfannenrandes. Es tritt der Kopf, trotzdem er scheinbar gut eingerenkt ist, nicht in unmittelbare Berührung mit der Pfanne infolge Zwischenlagerung eines stärkeren Ligamentum teres, sehr starker bindegewebiger Massen, von hinteren oberen Kapselteilen, des umgekippten hinteren oberen Limbus, oder infolge von Verlagerung der Kopfepiphyse. Auch Aufschlüsse über den Wert der von verschiedenen Forschern aufgestellten Theorien der Entstehung der angeborenen Hüftgelenksverrenkung gibt uns das Röntgenbild. Zenker wies auf Grund des Vorhandenseins des Y-Knorpels an der kranken Pfanne die Dollingersche Annahme einer frühzeitigen Verknöcherung desselben als Grund der rudimentären Pfannenentwicklung absolut zurück; anderseits sehen wir fast stets den knöchernen Pfannengrund der kranken Seite verdickt, was Hoffa schon früher festgestellt hatte.

Bade hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, daß bei einseitigen

Luxationen oft auch an der gesunden Hüftgelenkseite pathologische Veränderungen vorhanden sind.

Durch eine Anzahl von Bildern konnten wir uns überzeugen, daß durch Behandlung mit Abduktionsschienen, Gipsverbänden, H e s s i n g-



Fig. 232.



Fig. 231.

Luxatio coxae congenita duplex.
3 Jahre nach beiderseits in einer Sitzung blutig vorgenommener Einrenkung. Anatomisch und funktionell gutes Resultat.

Apparaten irgendwelche sichtbare Veränderungen am Knochen nicht erreicht waren, eine Nearthrosenbildung hatte nicht stattgefunden. In anderen Fällen konnten wir eine beginnende Vertiefung am Beckenknochen, eine ausgenagt erscheinende oder nach und nach übergewachsene Stelle,

unter die sich der Kopf einstemmte, erkennen; dementspreehend stand aueh der Kopf fest.

Bekannt sind der lehrreiehe Atlas von Sehede-Bonn und der von Matsnoka-Kioto über die angeborene Luxation des Hüftgelenks[1]) und die zahlreichen Arbeiten von Hoffa, Lorenz, Wolff, Lange, Petersen, Bade, Calot, Redard u. a. Besonders will ieh noch auf das sehr eingehende Werk von Ludloff hinweisen: „Zur Pathogenese und Therapie der angeborenen Hüftluxation“[2]). Er beriehtet über die Erfahrungen an der Königsberger ehirurgischen Universitätsklinik mit der Lorenzsehen Methode und bringt vor allem durch Röntgenbilder festgelegte Untersuehungen über die Pathogenese dieses Leidens.

Im Anschluß hieran besprechen wir die Coxa vara, deren Diagnose teilweise dureh die Röntgenaufnahme gesichert, teilweise sogar erst gestellt wurde. Wir selbst haben viele Fälle gesehen. In einem Fall handelte es sich um einen Patienten von einigen 20 Jahren, der lange Zeit wegen Coxitis behandelt war; es bestanden zurzeit Behinderung der Abduktion, Schmerzen bei dem Versueh zu abduzieren, Hoehstand des Trochanter major, Verkürzung und Atrophie des Beines. Wir erhielten das typische Bild einer Coxa vara. In anderen Fällen handelte es sieh um beiderseitige Verbiegung des Sehenkelhalses. Die Kinder gingen wacklig, der Troehanter stand 3—3½ em oberhalb der Roser-Nélaton-Linie, so daß eine kongenitale Hüftluxation angenommen wurde. Erst das Röntgenbild gab die riehtige Aufklärung. Hofmeister konnte in drei Fällen seine vorher auf Coxa vara gestellte Diagnose rektifizieren, einmal ergab die Aufnahme eine spezifiseh kretinistische Knoehendeformität, im zweiten Falle konnte er eine Subluxation des Femurs nach oben mit Bildung eines neuen Pfannensegmentes, im dritten die Residuen einer ausgeheilten Coxitis naehweisen. Aber nicht allein die Diagnose fand in diesen und sehr zahlreichen weiteren Fällen reeht gute Aufklärung, sondern vor allem die genauen anatomischen Verhältnisse. An den Bildern konnte sowohl die Besehaffenheit des oberen Schenkelhalskonturs als aueh die teilweise hoehgradige Verkürzung und Konkavität der unteren Begrenzungslinie festgestellt werden. Manchmal ist der Sehenkelhals (siehe Fig. 233) geradezu naeh unten eingerollt, zuweilen so stark, daß der untere Rand des Kopfes die Pfanne verläßt und sieh pilzartig über den Hals stülpt; dadurch nähert sieh der Kopf dem Troehanter minor. Wir können aber noeh mehr sehen: Des öfteren wird eine Coxa vara raehitiea dadurch vorgetäuseht, daß die Verbiegung nieht im Sehenkelhals, sondern im Femur liegt; diese Difformität ist bei vielen Kindern beobachtet worden.

Weitere eingehende Arbeiten liegen vor von Drehmann, Sprengel, Fittig, Siebs, Helbing u. a., besonders über die Beziehungen

[1]) Hamburg 1900 und 1911, Lucas Gräfe & Sillem.

[2]) Jena 1902, Gustav Fischer.

der Schenkelhalsbrüche und Epiphysenverletzungen jugendlicher und kindlicher Personen zur Coxa vara.

In allen Fällen ist die exakte Diagnose außerordentlich wertvoll für unser therapeutisches Handeln, indem wir uns vor einer eventuellen Operation überzeugen können, welche der angegebenen Operationsmethoden zweckentsprechend und dabei möglichst einfach und schonend für den Patienten ist. Man wird gegebenenfalls mit gewaltsamer unblutiger Redression oder einer einfachen Osteotomie in der Femurdiaphyse

Fig. 233.



Coxa vara dextra.

Der Schenkelhalswinkel der rechten Seite ist etwa rechtwinklig. Der Trochanter major überragt die Spina anterior inferior, der obere Schenkelhalskontur verläuft etwas nach abwärts. Die untere Begrenzungslinie des Schenkelhalses erscheint gegenüber der oberen verkürzt. Der Schenkelkopf samt dem angrenzenden Teil des Schenkelhalses hat sich nach unten eingerollt und mit seinem unteren Rande die Pfanne verlassen. Kopf und Hals sind dünner als auf der gesunden Seite. Das obere Pfannendach ist weniger gewölbt als normal; zwischen ihm und dem oberen Schenkelhalskontur sehen wir einen spitzwinkligen leeren Raum, über demselben springt die Spina anterior inferior seitlich scharf vor. Vom Y-Knorpel sieht man nichts. Die ganze rechte Beckenhälfte erscheint etwas schmaler (steiler) als die linke, die Beckeneingangsform ist beiderseits symmetrisch.

auskommen, während man in anderen Fällen entsprechend der Größe und anatomischen Beschaffenheit des Schenkelhalses die Osteotomia subtrochanterica, die Keilresektion nach K r a s k e usw. ausführt. Wir wollen nochmals darauf aufmerksam machen, daß gerade beim Schenkelhals durch veränderte Lage des Beines, durch falsche Röhrenstellung usw. häufig Verzeichnungen vorkommen. H o f m e i s t e r u. a. haben solche experimentell erzeugt, so daß der Schenkelhalswinkel durch verschiedene

Lagerung und Umstellung willkürlich bei derselben Person um 50 Grad verändert wurde. Allerdings werden solche Verzeichnungen nur den ungeübten Beobachter täuschen.

Einen recht interessanten Fall von Coxa valga traumatica, der erst durch das Röntgenbild Aufklärung erhielt und dem vorher als Simulanten geltenden Manne zu seiner wohlverdienten Rente verhalf, hat seinerzeit Thiem-Kottbus mitgeteilt. Drehmann, Vogel u. a. haben ähnliche Fälle beschrieben.

Fig. 234.



Coxa valga duplex.

5jähriges Mädchen mit hochgradiger Erschlaffung sämtlicher Bänder und der Muskulatur. Im Gegensatz zu dem schlanken Knochen des Oberschenkelschaftes und des Halsansatzes ist die obere Femurepiphyse verbreitert und der Schenkelhalswinkel kaum angedeutet (nach Drehmann).

Wir wollen an dieser Stelle auch über die Schußverletzungen kurz sprechen, trotzdem dies eigentlich in das große Kapitel der Fremdkörper gehört. Es ist bekannt, wie schwierig die exakte Diagnose dieser Schußverletzungen ist; und noch schwieriger war es, bestimmte Regeln für die Therapie festzustellen. Jetzt liegen die Verhältnisse doch ganz anders, da es uns einmal gegeben ist, den Sitz des Projektils festzustellen und gleichzeitig zu sehen, ob schwerere Verletzungen am oberen Femurende oder am Becken herbeigeführt sind. Je nach Lage der Verhältnisse werden wir also unseren Eingriff einrichten können: so lassen wir in gewissen Fällen die Kugel ruhig liegen, in anderen können wir von vornherein planvoll an die nötigen Knochenoperationen, Entfernung von Sequestern,

Resektion usw. herantreten. Was das Verfahren zu leisten vermag, hat Küttner bei Besprechung der Beckenschüsse im Kriege erwähnt; er erzielte trotz der Schwierigkeiten der Röntgenaufnahmen bei Beckenschüssen, wo die Verwundeten teilweise so elend waren, daß sie eine längere Exposition und geeignete Lagerung kaum aushalten konnten, manches brauchbare Resultat.

Ganz analog sind die Berichte der übrigen Chirurgen bezüglich ihrer Erfahrungen in den letzten Kriegen, und Küttner steht nicht an zu erklären: Nicht nur, daß die Röntgenuntersuchung die Kriegsheilkunde auf eine bis dahin unerreichte wissenschaftliche Höhe geführt hat, sie bedeutet auch, nächst der durch v. Bergmann inaugurierten modernen Behandlung der Schußwunden, den segensreichsten Fortschritt, welcher der Verwundetenfürsorge im Kriege aus den großen Entdeckungen des 19. Jahrhunderts erwachsen ist.

Wir kommen schließlich zu den entzündlichen Prozessen im Bereich des Hüftgelenks. Besondere differentialdiagnostische Unterschiede liefern die Röntgenbilder bei der tuberkulösen und osteomyelitischen Coxitis. Wie auch an anderen Knochenteilen, bleibt bei der Osteomyelitis fast regelmäßig die diffuse Knochenatrophie aus, während dieselbe bei der Tuberkulose sehr schnell und regelmäßig einsetzt, so daß die Knochen auf dem Röntgenbild durchscheinend verwaschen, kontrastlos erscheinen. Notwendig ist natürlich bei Verdacht auf eine Entzündung die Aufnahme beider Hüftgelenke. Werndorff macht mit Recht darauf aufmerksam, daß schon nach kürzester Zeit eine regionäre Atrophie der Gelenkkörper nachzuweisen ist.

Die Frühdiagnose der tuberkulösen Coxitis ist röntgenologisch selten möglich. Doch zeigen sich selbst bei der Synovialtuberkulose ohne derzeitige Beteiligung der Knochen öfters Röntgenmerkmale. Während sich auf der gesunden Seite zwischen dem Schenkelkopf und dem Acetabulum, besonders im oberen Teile, der Gelenkspalt durch seine Knorpellagen als eine hellere halbkreisförmige Zone darstellt, sehen wir auf der kranken die Gelenklinie entweder ganz verdunkelt, verschwommen und verschleiert, oder sogar zottenartige Fortsätze, Wucherungen, die sich besonders oben und unten am Gelenk markieren. Mitunter fand Werndorff die obere Schenkelhalslinie undeutlich konturiert, stellenweise wie ausradiert, oft unterbrochen, leicht aufgerauht; ferner die oberen Partien der Schenkelhalscorticalis (in ihrem Verlaufe von der Trochanterapophyse bis zur Kopfepiphysenlinie) aufgehellt, transparenter, ihre Knochenbälkchen stellenweise deutlicher, stellenweise verwischt. Daß sich Herde im Schenkelkopf, Hals, Trochanter und an der Pfanne zur bildlichen Darstellung bringen lassen, dafür hat König-Berlin zuerst den Beweis erbracht. Damit ist die Schwierigkeit der Feststellung solcher Herde herabgemindert, eine präzisere Prognose möglich

gemacht und die Stellung der Indikation für die operative Behandlung gesichert.

Eine außerordentlich klare und lehrreiche Darstellung aller dieser Verhältnisse finden wir in dem oben schon erwähnten Atlas von Alban Köhler, und eine treffliche Studie über die Tuberkulose des Collum femoris im Kindesalter und ihre Beziehungen zur Hüftgelenksentzündung hat Waldenström[1]) gebracht.

Ist es im Gelenk bereits zu weitergehenden Zerstörungen gekommen, zu Veränderungen am Kopf, zu Pfannenwanderung mit periostalen Knochenwucherungen, zu Lösung der Kopfepiphyse und Spontanluxation nach oben, so werden die Bilder besonders instruktiv. In mehreren Fällen sahen wir den gelösten Kopf in der Pfanne liegen, den Schenkelhalsrest stark nach oben luxiert; in anderen schien (bei der Aufnahme von vorn) ein Verlust des Schenkelhalses zu bestehen und der Kopf direkt dem Femurschaft aufzusitzen. Entsprechend dem objektiven Befund ergab dagegen das Röntgenbild von hinten das Vorhandensein des Schenkelhalses; der Kopf war zum größten Teil gelöst und nach vorn verschoben, so daß er vor dem Schenkelhals außerhalb der Pfanne stand.

Auch alle Veränderungen nach abgelaufenen Coxitiden, Ankylosenbildung, Atrophie des Femurs der betreffenden Beckenhälfte haben wir zu beobachten und zu demonstrieren Gelegenheit gehabt. Wir haben ein Bild eines 8jährigen Knaben, wo nach Hüftgelenksresektion der obere Femurstumpf bleistiftdünn geworden ist und trotzdem das Resultat funktionell recht gut ist. Auch fanden wir in mehreren Fällen die von Hofmeister genau und eingehend beschriebenen Wachstumsstörungen des Beckens bei frühzeitig erworbener Hüftgelenkskontraktur bestätigt; neben den anderen typischen Veränderungen war auch hier die Flexionskontraktur durch Neigung der kranken Beckenhälfte ausgeglichen.

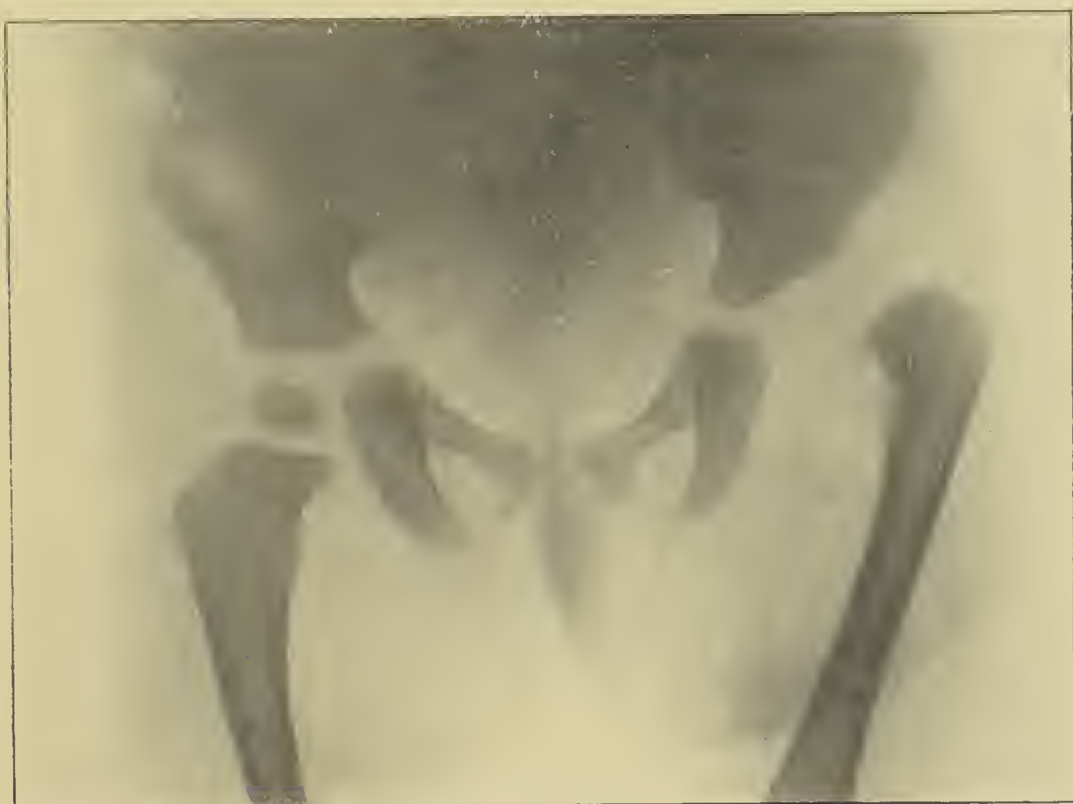
Einige Bemerkungen bezüglich der akuten, infektiösen Ostemyelitis will ich hier noch anfügen. Eitrig infiltriertes Periost läßt sich erst dann auf dem Röntgenbild sehen, wenn eine Ossifizierung desselben eintritt, was meist ziemlich schnell und reichlich eintritt. Die Corticalis bekommt oft an einer größeren zirkumskripten Partie ein durchlöchertes scheckiges Aussehen, in dessen Nähe dann eine eventuelle Sequestrierung zu erwarten ist. Ein Herd, welcher im allerersten Stadium noch vollständig auf die Markhöhle beschränkt ist und noch nicht an Spongiosa anrührt, ist röntgenographisch nicht darzustellen, wohl aber dann, wenn Spongiosa in streng zirkumskripter Partie eingeschmolzen ist (Alban Köhler). Über Sequestrierung habe ich schon oben S. 325 und 326 gesprochen.

Über die Osteoarthritis deformans (Osteochondritis) coxae juvenilis

[1]) Stockholm 1910. Aus der chir. Abt. des Kinderkrankenhauses „Kronprinsessan Lovisa" zu Stockholm.

liegen neue, instruktive Arbeiten von Bibergeil, Perthes u. a. vor; das Röntgenbild des erkrankten Hüftgelenks weist an Veränderungen auf: Hüftpfanne unverändert oder ihre Konturen leicht unregelmäßig, wie ausgezackt; mitunter am Pfannenboden Auflagerungen, Osteophyten am oberen Pfannenrandwinkel. Gelenkspalt normal oder verbreitert. Kopfepiphyse hypertrophisch, von ausgesprochener Varietät, zum Teil geschwunden, abgeplattet. Schenkelhals verkürzt, verbreitert, verkleinert oder normal. Trochanter major vergrößert, massig, bischofsmützenartig medialwärts umgebogen, sein Abstand vom oberen Pfannenrand verkleinert.

Fig. 235.



Luxatio post osteomyelit. (nach Horváth).

Ähnliche lehrreiche Bilder erhalten wir bei der Arthritis deformans coxae der Erwachsenen: es zeigen sich die ostalen Neubildungen am Rande der Knorpellippen vom Kopf, die Formveränderungen desselben bis zur Pilzform, der fast vollständige Verlust des Schenkelhalses (s. Fig. 203. S. 331); dementsprechend finden sich die verknöcherten Knorpelwucherungen am Pfannenrand gut abgebildet, so daß man bisweilen durch Demonstration der kranken Seite gegenüber der gesunden einem Patienten die Gefahren der fortschreitenden Erkrankung aufs deutlichste klarmachen und ihn rechtzeitig zu energischen mechano-therapeutischen Übungen bewegen kann. Auch die Vorteile der Entlastung des erkrankten Gelenkes durch passende Schienenhülsenapparate kann man direkt durch das Bild dartun. Dasselbe

gilt von den luetischen Hüftgelenksveränderungen, die wir wiederholt zur Beobachtung bekamen. Über Tumoren, die sich sehr röntgenklar darstellen lassen, brauche ich hier nichts Besonderes mehr anzufügen.

Angeborene und erworbene Deformitäten.

Für die Beurteilung der angeborenen und erworbenen Deformitäten, für ihre Entstehung und Behandlung, auch für die Prognose sind die Röntgenbilder unentbehrlich geworden. Die Bilder von angeborenen Mißbildungen, wo eine exakte Diagnose durch die dicken, derben Weichteile hindurch vermittels der Palpation unmöglich genau gestellt werden konnte, sind Legion.

Mit Recht führt Joachimsthal im Vorwort zu seinen Atlanten „Die angeborenen Verbildungen der oberen und unteren Extremitäten“[1]) aus: „Unsere bisherigen klinischen Beobachtungen litten gegenüber den spärlichen anatomischen Beschreibungen einschlägiger Fälle an dem empfindlichen Mangel, daß sie uns über die tiefer liegenden Teile, namentlich über die Knochenverhältnisse, völlig im unklaren ließen und so dazu führten, Vermutungen nachzugeben, denen später die tatsächlichen Verhältnisse nicht entsprachen. Das Röntgenverfahren hilft uns über diese Mängel hinweg, indem es auf das genaueste über Form, Größe, Gestalt und Artikulationsverhältnisse der Knochen orientiert, und, da es die Lagerung der einzelnen Teile in situ vorführt, vielfach wertvollere Aufschlüsse gibt als die Durchforschung anatomischer Präparate.“

Wie interessant ist z. B. sein Fall, wo vor der Operation einer doppelseitigen Syndaktylie des Mittel- und Ringfingers bei einem $^1/_4$ Jahre alten Kinde, wegen der Unbrauchbarkeit der Bilder solch kleiner, noch teilweise knorpelig veranlagter Hände, die Hände des Vaters röntgenographiert wurden, die in gleicher Weise verbildet waren. Das Bild erleichterte hier, wie in vielen anderen Fällen, die Ausführung der Operation, da man sich eben schon vorher von der Verbildung der Knochen überzeugen und danach den Operationsplan genau feststellen konnte.

Beck betont, daß die Röntgenogramme der Spina bifida uns nicht bloß mit absoluter Deutlichkeit zeigen, ob sich ein Knochendefekt vorfindet, sondern auch über das Vorhandensein und die eventuelle Art der Verteilung der Nervensubstanz im Sack Aufschluß geben. Auch in den seltenen Fällen, in welchen die Verwechslung mit Lipomen und Fibromyolipomen in Frage kommt, liefert das Röntgenbild die nötige Auskunft.

Bilder von rudimentär entwickelten Fingern und Zehen, von Entwicklungsanomalien in der Hand- und Fußwurzel, von Hyperphalangie, von Defektbildung an der vorderen Brustwand sind gezeigt worden. Klump-, Platt- und Hackenfüße haben ihre feinsten Strukturverhältnisse

[1]) Hamburg 1900 und 1902, Lucas Gräfe & Sillem.

in vivo verraten müssen; nach erfolgtem Redressement ließ sich die Umwandlung der inneren Architektur der Knochen sehr schön verfolgen. Dann hat man Fälle zu beobachten Gelegenheit gehabt von angeborenem Defekt des Radius und der Fibula. Hier ist es wichtig zu entscheiden, ob man es mit totalem Defekt zu tun hat, oder ob noch Teile der Epiphysen stehen, ob man mit einer plastischen Operation wesentliche Hilfe bringen kann und mit welcher.

Joachimsthal, der sich diesen Fragen ganz eingehend gewidmet hat, konnte auch aus den Röntgenbildern die Atrophie der Wade nach redressiertem Klumpfuß erklären; Hoffa und er haben schließlich das Röntgenverfahren für die Messung und Beurteilung der Skoliosen mit gutem Recht und Erfolg herangezogen. Es war zuerst verblüffend, wie schön und scharf man den Grad einer vorliegenden Verkrümmung ersehen kann, wie deutlich das Mißverhältnis zwischen dem Grade der skoliotischen Verkrümmung und der Deviation der Dornfortsätze zum Abbild kommt (siehe Fig. 236). Aber nicht allein für die Diagnose, sondern auch für die genaue Kontrolle der therapeutischen Erfolge hat Hoffa das Röntgenbild verwandt. Konnte er doch schon auf dem Chirurgenkongreß 1897 Bilder zeigen, wo es ihm in einzelnen nicht zu schweren Fällen gelungen war, durch seine sozusagen antistatische Behandlung eine Umkrümmung der Wirbelsäule zu erreichen. Zur genaueren Orientierung schaltet Joachimsthal sehr praktisch noch ein Fadennetz mit Zahleneinteilung ein. Man stellt sich ein solches zweckentsprechend dadurch her, daß man auf das fertig kopierte Bild der Verkrümmung vor dem Fixieren desselben noch von einer ein für allemal zu diesem Zweck präparierten lichtempfindlichen Platte ein in Quadratzentimeter eingeteiltes Linienetz kopiert und erst dann das Bild fixiert.

Ich muß hier besonders daran erinnern, daß wir durch die interessanten Arbeiten von Max Böhm, Cramer u. a. im Röntgenbild die wertvollsten Aufschlüsse erhalten haben über angeborene Verbildungen im Bereich der Wirbelsäule. Durch embryonal vorhandene Bildungsfehler kommt es zu einer asymmetrischen Entwicklung des rechts- und linksseitigen Wirbelsäulenabschnittes. In manchen Fällen können wir dann als Resultat dieser fehlerhaften Entwicklung des Rumpfskelettes die Bildung von überflüssigen Halsrippen mit Verkrümmung der Wirbelsäule nachweisen, in anderen die Anlage eines überzähligen Wirbelkörperteiles auf der einen Seite eventuell mit einer Rippe zu viel oder das halbseitige Zurückbleiben eines Wirbelkörpers mit entsprechendem Fehlen einer Rippe. Wieder andere Aufnahmen zeigten uns als Grund der Wirbelsäulenverkrümmung eine angeborene vollkommene oder halbseitige Verschmelzung von Wirbelkörpern mit gleichzeitiger Rippenbildung einer Seite, ferner Spaltbildungen an einem oder mehreren Wirbeln, oder

ungleiche Entwicklung am untersten Wirbelsäulenabschnitt im Bereiche des Kreuzbeins.

Fig. 236.



5 Jahre altes Mädchen (Beobachtung von Böhm). Femora vara rachit.: rechts Infraktion, Thorax rachitisch. — Im 8. Monat ist die Verkrümmung bemerkt worden. Die Wirbelsäule weist im mittleren Dorsalteil eine schwere linksseitige Verkrümmung mit starker Rotation auf; die Lendenwirbelsäule zeigt eine geringe Gegenkrümmung.

Solche erst durch die Röntgenbilder ermöglichten Aufschlüsse sind praktisch für die Beurteilung der Skoliosen von größter Bedeutung. Es

ist hier doppelte Vorsicht und Energie in der Behandlung geboten, damit die Kinder vor dem Entstehen schwerster Verkrümmungen der Wirbelsäule und damit einhergehenden Mißgestaltungen des ganzen Brustkorbes und ihrer schädlichen Einwirkung auf Lunge, Herz und die zwischen den Rippen verlaufenden Nerven bewahrt bleiben. Denn die resultierende Kurzatmigkeit und die Nervenschmerzen können zu einer vollkommenen Erwerbsunfähigkeit führen.

Von einigen Autoren ist das Röntgenverfahren benutzt worden, unser modernes Schuhzeug einer eingehenden und großenteils abfälligen Kritik zu unterwerfen. Die Aufnahmen wurden von allen möglichen Füßen vom Kindes- bis ins höhere Alter hinein in der Fußbekleidung hergestellt. Man kann so jedenfalls am eindringlichsten den Müttern, denen die Sorge für die Kinder obliegt, das Gute und Schädliche vorführen, ihnen zeigen, wie Schuhe sein sollen und wie nicht. Ein tüchtiger Hallux valgus recht in die verkehrte Schuhform eingezwängt, wird seine Wirkung nicht so leicht verfehlen. Auch hier beim Hallux valgus gibt das Röntgenbild vorzüglichen Aufschluß über die praktischste Operationsmethode und den operativen Erfolg.

Die Kontrolle der osteoplastischen

Fig. 237.



Der Röntgenbefund an der Wirbelsäule einer lumbalen Skoliose von Böhm: Rippen am 8. Wirbel (1. Brustwirbel) gestreckt; Rippen am 19. Wirbel (12. Brustwirbel) außerordentlich stark und lang: am 20. Wirbel (1. Lendenwirbel) rechts ein kurzes Rippenrudiment: der 25. Wirbel ist noch lumbal. Der kaudale Abschnitt der Wirbelsänle befindet sich also nach Böhm in dem Zustand einer kaudalen Variation höchsten Grades mit Andeutung einer bestehenden Asymmetrie.

Operationen ist gleichfalls eine bedeutend vereinfachte und wirklich genaue geworden. Wir können verfolgen, wie ein Knochenstück, das implantiert ist, einheilt resp. resorbiert und ersetzt ist, wir sehen, ob sich Knochenhöhlen unter dem Blutschorf, durch Implantation von Knochenasche oder dekalziniertem Knochen wirklich schließen und wieder einem knöchernen Gerüst Platz machen. Ebenso werden die größeren Gelenktransplantationen (Lexer, Küttner) durch die Röntgenstrahlen aufs einfachste kontrolliert und vieles andere.

Ich müßte ein ganzes Buch schreiben, wollte ich auch nur andeutungsweise das ganze Gebiet der angeborenen und erworbenen Deformitäten durchsprechen. Die chirurgischen und orthopädischen Zeitschriften sind voll der interessantesten und lehrreichsten Röntgenbefunde, und jede größere Ärzteversammlung steht voll und ganz unter dem Zeichen Röntgens.

Unfallheilkunde.

Daß in der Unfallheilkunde die Röntgenstrahlen eine große Rolle spielen würden, war von Anfang an jedem klar, der viel mit der Begutachtung von Verletzungen zu tun hatte. Aus den voraufgegangenen Kapiteln, den Erfolgen bei den Durchleuchtungen von Frakturen und Luxationen, den Knochenkrankheiten im speziellen und vielen sonstigen Erkrankungen ist dies ohne weiteres bewiesen.

Als das Wichtigste möchten wir zunächst in Übereinstimmung mit vielen Forschern die große Sicherheit betonen, die wir in der Erkenntnis zweifelhafter Verletzungen erlangt haben, und die Kontrolle des eventuell erreichten Heilresultates. Es würden Wiederholungen eintreten, wollte ich hier auf die Details eingehen; das Hierhergehörige findet sich in den einzelnen diesbezüglichen Kapiteln. Wie wichtige Aufschlüsse wir bei Verletzungen des Brustkorbes bekommen können, darauf hat Löbker seinerzeit zuerst aufmerksam gemacht. Einem seiner Patienten konnte er auf diese Weise zu seinem Recht verhelfen. Der Fall ist so wichtig und interessant, daß er der Erwähnung bedarf. Es handelte sich um eine komplizierte Rippenfraktur, an welche sich ein linkseitiges Pleuraempyem angeschlossen hatte; dasselbe wurde durch Rippenresektion zur Heilung gebracht. Patient war von allen Begutachtern trotz seiner Klagen über Atemnot, Schmerzen usw. als ganz gesund und erwerbsfähig beurteilt worden; der ganze Befund sprach dafür. Auf dem Schirmbild ergab sich jedoch, daß eine schwere Funktionsstörung der linken Zwerchfellhälfte zurückgeblieben war, dieselbe stand bei der In- und Exspiration ganz unbeweglich. So wurden zum erstenmal die Klagen erkannt, und Löbker betont mit Recht, die Erschütterungen des Brustkorbes und eventuelle Empyemoperationen auf diese Weise zu prüfen, um ein sicheres und richtiges Urteil über den Heilerfolg zu bekommen.

Wir haben also ein neues Mittel in der Durchleuchtung erhalten, uns zu überzeugen, ob die Klagen eines Patienten berechtigt sind, d. h. wir können mitunter unsere Ansicht von eventueller Simulation und Übertreibung noch mehr stützen und vertreten, und umgekehrt. Haben wir z. B. einen Patienten, bei dem sich mit den bisher üblichen Untersuchungsmethoden absolut nichts nachweisen ließ, der außerdem seinem ganzen Auftreten nach verdächtig ist, und die Röntgenaufnahme führt uns vollkommen normale Verhältnisse vor Augen, so werden wir mit noch größerer Bestimmtheit als früher unser Urteil sprechen können.

Da wir eine große Anzahl von Patienten, die nichts mit Krankenkassen, Versicherungen u. dgl. zu tun haben, tagtäglich untersuchen, so sind wir in der Lage, uns eine Ansicht darüber zu bilden, zu welch berechtigten Klagen eventuell auch kleinere Verletzungen führen können, und umgekehrt, daß z. B. auch mit größerer Deformität geheilte Knochenbrüche mitunter nicht die geringsten Störungen zurücklassen. Wir ersehen daraus, wie unendlich schwer eine richtige Beurteilung sein kann, wie wir trotz alledem den Klagen mancher Patienten, ob sie berechtigt sind oder nicht, recht unsicher gegenüberstehen.

Die Erwartungen sind in dieser Hinsicht tatsächlich nicht erfüllt worden. Auch uns ist es so gegangen, daß die Untersuchung mit Röntgenstrahlen die Verletzten in der Mehrzahl der Fälle von dem Verdachte der Simulation befreite. Man fand auf den Bildern kleine Knochenabsprengungen, Infraktionen, die Sudecksche Knochenatrophie, wie ich sie oben geschildert, die früher gar nicht zu erkennen waren, so daß oft im Gegensatze zu früheren Begutachtungen die Klagen berechtigt erschienen und die Kassen sich zur Anerkennung der Erwerbsbeschränkung gezwungen sahen. Wir dürfen auch nicht vergessen, daß die Schulung im Lesen von Röntgenbildern bei uns immer noch zunimmt; daß sich ferner unser technisches Können mehr und mehr vervollkommnet hat. Es gab eine Zeit, wo Os-naviculare-Verletzungen der Hand zum Schaden der Patienten übersehen wurden (vgl. Fig. 217), wo Verletzungen an der Wirbelsäule auf dem Röntgenbild gar nicht erkannt werden konnten. Schädigungen, die im Anschluß an Gelenkläsionen (Arthritis deformans) auftreten, die statischen Gelenkerkrankungen (Preiser) sind ebenfalls durch die Röntgenuntersuchung wesentlich geklärt worden usw.

Ein weiterer Vorteil ist, daß die Röntgenuntersuchung von Patienten, da sie schadlos und schmerzlos ist, nicht verweigert werden darf. Man findet ja auch meistens, daß sich die Patienten geradezu zu einer Durchleuchtung drängen. Es ist gewiß ein gutes Zeichen, wenn der Patient von einem vorliegenden, in der Durchleuchtung eventuell sichtbaren Fehler überzeugt ist. Aber uns sind auch andere Patienten vorgekommen, die durch ihr Benehmen den Verdacht der Simulation bei der Röntgenaufnahme noch mehr begründet erscheinen ließen. Sie schienen zu fürchten,

durch das Röntgenbild entlarvt zu werden, und versuchten daher auf einfache Weise, die Aufnahme zu vereiteln. Während sie vorher ruhig und ohne Muskelzuckungen waren, fingen plötzlich bei dem Versuch des Röntgenographierens die Glieder, der Rumpf ein lustiges Tanzen an, alles Zureden half nichts, die Patienten behaupteten, ihre Glieder nicht stillhalten zu können. Die jetzt mögliche Momentaufnahme hilft über diese willkürliche Vereitelung der Röntgenuntersuchung hinweg.

Ich möchte bei dieser Gelegenheit, wie schon früher, raten, den Patienten weniger die Röntgenaufnahmen in die Hand zu geben. Es sind Bilder von Krankheitszuständen; der Laie, der mit ein paar Worten von dem das Bild begutachtenden Arzte Erklärungen erhält, versteht natürlich nicht alles richtig, wie man sich jeden Tag überzeugen kann. Er macht sich ganz falsche Vorstellungen, fragt Dinge, die man selbst nicht beantworten kann usw. Sieht er als Privatpatient, daß die Knochenenden nach einer Fraktur nicht gut stehen, so ist er im Sprechzimmer wohl noch zufrieden, da man ihm sagen kann, daß das eben recht häufig so ist, wie wir uns täglich an Aufnahmen geheilter Brüche überzeugen können. Nimmt er jedoch das Bild mit nach Hause, und die Familie mit allen Anverwandten sitzt über der Röntgenaufnahme zu Rate, so erheben sich in Kürze Klagen und Verdächtigungen über die Fähigkeit des behandelnden Arztes. Wissen wir doch aus Erfahrung, wie leicht durch ein unvorsichtiges Wort eines fremden Arztes, dem ein solches Bild vorgelegt wird, die größten Unannehmlichkeiten entstehen können. Bis jetzt war von gebildeten Privatpatienten die Rede, nun aber der Unfallpatient. Sobald er auf dem Bilde eine Anomalie sieht, ist es für ihn entschieden, daß seine Erwerbsfähigkeit gelitten hat. Ob da wirkliche Beschwerden vorhanden sind oder nicht, darauf kommt es oft dem Betreffenden gar nicht an. „Ich habe ja noch gar nichts von meinem Unfall gehabt. Seht euch nur das Röntgenbild an, da sitzen drei Schrotkörner in meinem Bein.“ Wer hätte so etwas noch nicht gehört. Es muß also dringend davor gewarnt werden, mit den Röntgenbildern zu freigebig zu sein. Trotzdem kann man wohl in die Lage kommen, ein Bild aus der Hand zu geben; jeder wird bei einiger Vorsicht im gegebenen Falle das Richtige treffen.

Wir haben bisher die Bedeutung hervorgehoben für die Sicherheit der Diagnosenstellung und für die Prüfung von Klagen der Unfallpatienten. Wir kommen zu einem weiteren Punkte, den Dumstrey schon 1897 mit Recht hervorgehoben hat. Er sagt: „Es ist nach meinen Erfahrungen nicht leicht, gewisse Krankheitsbilder von Frakturen und Luxationen, namentlich schwererer Art, den Laien, insbesondere den Berufsgenossenschaften, durch Beschreibung klar zu machen. Abgesehen davon, daß man dabei ein gewisses, nicht immer vorhandenes Maß von anatomischen Kenntnissen voraussetzen muß, sind manche Verhältnisse auch nur sehr schwer und umständlich zu schildern, so daß sie auch in einem Gutachten

für Sachverständige nicht ohne weiteres klargelegt werden können . . .“ „Meist wird in derartigen Fällen eine gute Röntgenphotographie solche Schilderungen vermeiden und überflüssig erscheinen lassen.“

Es liegt auf der Hand, daß hiermit dem begutachtenden Arzte im Interesse der Berufsgenossenschaften ein gutes Hilfsmittel gegeben ist. Doch soll man sich Beschränkungen auflegen; wo es nicht durch die Schwere der Verletzung, die nachgebliebenen Störungen und die Schwierigkeit in der Erklärung des pathologisch-anatomischen Befundes absolut geboten erscheint, raten wir von der Beigabe von Röntgenbildern zu dem Gutachten abzusehen. Einmal kommt es sonst so weit, daß Begutachtungen ohne Bilder als minderwertige angesehen und Röntgenogramme geradezu als Belege der anatomischen Beschreibungen verlangt werden; ferner wird ein Gutachten ganz enorm auf diese Weise verteuert, denn eine Beschreibung und ausführliche Würdigung des Bildes muß darin enthalten sein, um verständlich und für den Laien mehr als das Abbild irgend einer erschreckenden Deformität zu sein, die zu ganz falschen Schlüssen Veranlassung gibt. Man sollte die Worte Dumstreys recht warm beherzigen: „Es ist daher nötig zu betonen, daß die endgültige Beurteilung einer Verletzung unmöglich allein nach dem Röntgenbilde geschehen kann, daß vielmehr auf die funktionelle Leistung, auf die praktische Arbeit nach wie vor das Hauptgewicht gelegt werden muß, daß dem Röntgenbilde eine zwar bedeutende, aber doch nur eine Nebenrolle eingeräumt werden darf: es kann uns nicht über alle Verhältnisse informieren, sondern bloß ein Adjuvans für diese oder jene Auffassung von der Sachlage sein, es kann uns nach dieser oder jener Richtung in unserer Ansicht stützen oder desavouieren, es kann uns bei der Beurteilung die Gründe pro und contra recht eindringlich und deutlich klar machen, aber weiter nichts.“

Auch wir kennen Fälle, wo sich Unfallpatienten auf Grund des Röntgenbildes zu einer Nachoperation entschlossen haben; doch gehören diese nach unseren Erfahrungen zu den Ausnahmen. Meist war es so, daß die Patienten nach Besichtigung ihres Röntgenbildes ihre Ansprüche erhöhten, aber nicht operationslustig wurden.

Daß der Arzt auf die Krankenkassen durch ein Röntgenogramm einwirken kann, die Kosten für eine Operation oder eine Nachbehandlung zu ubernehmen, ist sicher, zumal wenn man denselben einen zu erzielenden Erfolg bildlich klarmachen kann.

Eine gute Pause nach dem Röntgenbild sorgsam von röntgenkundiger Hand angefertigt, gibt meist einen besseren Aufschluß als das Röntgenbild selbst. Die wichtigen Teile lassen sich hier besonders bemerkbar hervorheben.

Grashey hat in der Monatschrift für Unfallheilkunde eine Reihe sehr interessanter Fälle geschildert im Hinblick auf das Röntgenverfahren.

Er schließt seine Ausführungen mit folgendem beherzigenswerten Hinweis auf die Verwertung von Röntgenbefunden und Röntgenbildern für Unfallgutachten: Man muß bedenken, daß auf den Kopien viel verloren geht, was auf der Platte noch zu sehen war. Der Unkundige muß sich oft wundern, wie jemand den im Gutachten aufgeführten Röntgenbefund aus der beigelegten Kopie will herausgelesen haben. Man muß erwähnen, daß man den Befund aus der Platte geschöpft hat, und tut gut, die Kopie nur als ein Schema nach Art der Extremitätenkonturschemata zu betrachten und den Befund einzuzeichnen unter Hinweis auf die Originalplatte. Ferner wird man, da viele einer negativen Röntgendiagnose zu viel Gewicht beimessen, gelegentlich hervorheben müssen, daß der negative Röntgenbefund diese und jene Weichteilveränderung keineswegs ausschließt. Anstatt zu sagen: „Das Röntgenbild zeigt vollkommen normale Verhältnisse," wie man so häufig liest, schreibe man lieber: „Die Röntgenplatten lassen keinen (gröberen) pathologischen Befund an den beteiligten Knochen erkennen, geben auch keinen Anhaltspunkt für eine (mittels Röntgenstrahlen nachweisbare) Weichteilerkrankung." Ehrlicher ist es, wenn man schreibt: „ließen" nicht erkennen; denn man überzeugt sich gelegentlich, daß man auf älteren Röntgenbildern pathologische Veränderungen wahrnimmt, die man früher nicht sah, weil man eben den Blick mehr und mehr schärft und weil neue Dinge (z. B. die wichtige, früher oft übersehene Knochenatrophie) beschrieben werden. Hat man sich in den entsprechenden früheren Gutachten mit der stets nötigen Vorsicht ausgedrückt, so wird man sich gelegentlich einer solchen Korrektur früherer Diagnosen eines Fortschritts freuen können, anstatt sich Vorwürfe machen zu müssen.

Geburtshilfe und Gynäkologie.

Die Gynäkologie steht seit den ersten Veröffentlichungen von Albers-Schönberg in den Jahren 1908, 1909 durchaus im Zeichen der Röntgentherapie, während in diagnostischer Hinsicht bisher nur wenig Gebrauch von der Röntgenuntersuchung gemacht ist. Immerhin läßt sich im Gegensatz zu den ersten 15 Jahren der Röntgenära konstatieren, daß sich auch die Gynäkologie in den letzten Jahren, sicher gerade infolge ihrer intensiven Berührung mit den Röntgenstrahlen in therapeutischer Hinsicht, der Röntgendiagnostik mehr und mehr bedient.

Eymer, der sich mit größten Erfolgen der Röntgenstrahlen in Gynäkologie und Geburtshilfe[1]) angenommen hat, zieht ihren Wert besonders in Betracht, wenn es sich um die Erkennung und den Nachweis von Fremdkörpern handelt, um die differentialdiagnostische Unterscheidung, ob

[1]) Atlas gleichen Titels, Hamburg 1913, Lucas Gräfe & Sillem.

Tumorbildung oder Extrauteringravidität vorliegt, weiter um die Erkennung von Kalkabsonderung in Tumoren und um die Feststellung von Steinbildungen in der Umgebung des weiblichen Genitale, wobei an Nieren- und Nierenbeckensteine zu denken ist, an Konkremente in den Harnleitern und in der Blase, außerdem an Phlebolithen.

Ebenso hat sich die Geburtshilfe erst in den letzten 3 Jahren der Röntgenuntersuchung mit vollem Erfolge bemächtigt. Ich übergehe die historischen Aufzählungen, die in den Spezialwerken einzusehen sind, und betone nur, daß die Versuche, aus den Bauchaufnahmen von Frauen das Vorhandensein des Kindes in utero und seine etwaige Lage zu diagnostizieren, so alt sind als die Röntgenstrahlen. Unsere eigenen, allerdings negativen Versuche liegen im Jahre 1896. Ebenso alt sind die Bemühungen, aus dem Röntgenbild des weiblichen Beckens seine Form und Größe zu bestimmen. Es ist natürlich nicht schwer, schon ohne Berechnungen und Messungen dem Bilde anzusehen, ob man es mit einer besonders anomalen Beckenform und Beckenweite zu tun hat, vorausgesetzt, daß der Betrachter einigermaßen geübt im Röntgensehen ist. Es ist empfehlenswert, neben das fragliche Bild ein knöchernes Becken und ein ganz normales Beckenbild zu legen und durch Vergleich die Beurteilung zu erleichtern. Man kann dann feststellen, ob man es mit einem symmetrischen oder unsymmetrischen Becken zu tun hat, gleichzeitig sehen wir den Grad und die Lokalisation der Asymmetrie, Veränderungen im Ileosakralgelenk, Ankylosen und dergleichen, ferner Verkürzungen oder Verlängerungen in den verschiedenen Beckendurchmessern, einseitige Beckenverdrehungen, atrophische Zustände nach Hüftgelenksoperationen; außerdem bekommt man Aufschluß über den Zustand der Symphyse, ob z. B. nach Symphyseotomie oder Hebosteotomie die alten normalen Verhältnisse wiedergekehrt sind oder ob ein Auseinanderklaffen bestehen geblieben ist. Es kann das sehr wichtig werden, wenn einmal mit Hilfe der genannten Operation eine Entbindung ermöglicht worden ist; kann man vor einer späteren Geburt feststellen, daß ein genügendes Klaffen der Symphyse bestehen geblieben ist, so ließe sich eventuell ein neuer, operativer Eingriff vermeiden. Varnier hat über diese Verhältnisse des Beckens nach Symphyseotomie eine Studie gebracht. In mehr als der Hälfte der Fälle trat keine dauernde Verlängerung der Conjugata vera ein.

Von einzelnen Autoren sind Mittel und Wege angegeben worden, durch Meßmethoden am Röntgenbild zu möglichst genauen Resultaten zu kommen. Werden die Aufnahmen stets bei der gleichen Röhrenentfernung, Röhrenstellung und Beckenlagerung gemacht, so bekommt man die absoluten Maße des Beckens in perspektivischer Verzerrung. Um aus den Bildern die anatomisch richtigen Größen zu erhalten, bedarf es mathematischer Umrechnungen und eines sinnreich konstruierten Winkelmessungsapparates. Fabre-Lyon hat uns diese Beckenmessung durch Ge-

brauch seines metallischen Rahmens und Aufnahme der Patientin in Bauchlage 1906 auf dem II. Röntgenkongreß demonstriert. Es soll auf diese Weise gelingen, fast genaue Maße der Conjugata vera, des Beckeneinganges und der queren Durchmesser des Ein- und Ausganges festzustellen. Immerhin können zu den Umrechnungen einige Durchschnittsgrößen, z. B. die Dicke der Wirbelsäule in der Höhe des Promontoriums = 7 cm, nur geschätzt, nicht gemessen werden, so daß hierdurch Fehlerquellen entstehen.

Den Arcus pubicus und die queren Durchmesser der Beckenausgangsebene kann man bestimmen, wenn man das Becken so röntgenographiert, daß die Patientin nach hinten gebeugt auf der photographischen Platte mit den Tubera aufsitzt.

Neuerdings haben sich besonders Haenisch und Heynemann der Beckenmessung angenommen. Haenisch hat sich angelehnt an die von Manges angegebene röntgenologische Beckenmessung mit Hilfe der Stereoskopie und des Lokalisationsverfahrens nach Mackenzie-Davidson (Kreuzfadenverfahren). Auch Heynemann und Eymer empfehlen diese Methode; im übrigen erwarten sie aus den einfachen und stereoskopischen Fernaufnahmen die genauesten Meßresultate. Heynemann betont: Der Beckenmessung mittels Röntgenstrahlen kommt als Ergänzung und Erweiterung der bisherigen Untersuchungsmethoden eine praktische Bedeutung für die Geburtshilfe zu; sie ist den früheren Methoden überlegen bei der Beurteilung der schrägen und queren Verengerungen des Beckens. Auch für die Messung sonst schwer feststellbarer Durchmesser stellt das Röntgenverfahren die beste Methode dar.

Die Darstellung der Frucht in der Gebärmutter ist dank der verfeinerten Technik (Kompressionsblende, Strahlenqualität 5—6 W, Röhre mit sehr scharfem Brennpunkt, hohe sekundäre Energie 15—20 MA., Verstärkungsfolie, Darmentleerung, Atemstillstand) in 2—6 Sekunden immer besser gelungen, so daß Lars Edling 1911 seine großen Erfahrungen dahin zusammenfassen konnte: 1. Es ist möglich, schon am Ende des zweiten oder Anfang des dritten Schwangerschaftsmonats gute und für die Diagnose vollkommen ausreichende Röntgenbilder vom intrauterinen Fötus (bzw. Teilen desselben) zu erhalten.

2. In den folgenden Monaten gelingt die Röntgendiagnose der Schwangerschaft meist ohne Schwierigkeit.

3. Auch die Diagnose der mehrfachen Schwangerschaft gelingt unschwer schon in der ersten Hälfte der Gravidität und kann als Differentialdiagnose von großem Wert sein.

4. Anormale Geburtslagen, wie Steiß- oder Querlage können ebenso wie auch wahrscheinlicherweise Hydrocephalus und vielleicht gewisse Mißbildungen des Fötus durch das Röntgenverfahren diagnostiziert werden.

5. Dagegen ist es in der Regel nicht möglich, aus der Röntgenaufnahme sichere Schlußfolgerungen bzgl. der Stellung des Kopfes im Becken zu ziehen.

Fig. 238.



Schwangerschaftsaufnahme in Bauchlage. 34.—36. Schwangerschaftswoche.

I. Schädellage; Kopf in beginnender Flexion, soeben in den Beckeneingang eintretend. Wirbelsäule über der linken Darmbeinschaufel der Mutter aufsteigend. Rippen des Kindes deutlich: der eine Arm wird nach vorne gestreckt, der andere im Ellenbogen nach oben gebeugt gehalten; Mittelhandknochen sichtbar (Eymer-Heidelberger Univ.-Frauenklinik).

6. Bei der extrauterinen Schwangerschaft gelingt es ebenso gute Bilder des Fötus zu bekommen wie bei der normalen; die röntgenologische Differentialdiagnose dieser Zustände wird aber hauptsächlich von der eventuell asymmetrischen Lage desselben im Becken abhängen.

Die Bilder von Eymer aus der Heidelberger Universitätsfrauenklinik sind vollendet schön, vgl. Fig. 238. Auch nach seinen Erfahrungen

läßt sich im vierten Monat, vielleicht schon früher, durch das Röntgenverfahren die Entscheidung treffen, ob überhaupt Gravidität vorhanden ist. Für die Diagnose der Fruchtlage, für die Feststellung der Mehrlingsgravidität, für die Möglichkeit, bei Steißlagen durch Berechnung den frontookzipitalen Kopfdurchmesser des Kindes festzustellen, und für viel anderes legen die Eymerschen Bilder beredtes Zeugnis ab.

Heynemann betont schließlich noch den Wert der Röntgenuntersuchung für den Nachweis und die Einrichtung kindlicher Frakturen, für das Studium von Mißbildungen, für den gerichtsärztlichen Nachweis der Totgeburt, für den Nachweis von Fremdkörpern in den Genitalien, für die Darstellung des Harntraktus, des Zwerchfellstandes und der Herz- und Lungenveränderungen. — Und alle Forscher sind sich darin einig, daß eine Schädigung der Schwangerschaft und der Frucht durch die Röntgenaufnahmen, bei der üblichen Beschränkung und Kurzzeitigkeit, ausgeschlossen ist.

Mundhöhle, Schlund, Magen, Darm und Nieren.

Neben den Brüchen, Abszessen und Tumoren im Bereich des Unter- und Oberkiefers sind die Verhältnisse der Zähne mit ihren häufigen Anomalien in die Röntgenuntersuchung sehr bald einbezogen worden. Besonders haben sich Port, Kienböck, Sjögren, Kunert, Albers-Schönberg, Haenisch, Köhler, Cieszynski, Dieck und Hauptmeyer um dieses Spezialgebiet verdient gemacht.

Über die Technik bemerke ich ganz kurz folgendes: Um Übersichtsaufnahmen der Ober- und Unterkieferhälften in toto herzustellen, wird der Patient mit der linken oder rechten Wangenseite auf eine Platte 13 : 18 exakt gelagert und der Kopf mittels Bindentouren und Sandsäcken ganz ruhig gestellt. Da die Schatten der beiden Kieferseiten störend ineinander fallen, so ist es sehr vorteilhaft, daß der Patient seinen Mund weit öffnet; zwischen die Schneidezähne nimmt er fest zubeißend einen Flaschenkork in der Längsrichtung. Wählt man dann einen nur etwa 15 cm weiten Fokalabstand von der Platte, während der Brennpunkt senkrecht über der Mitte zwischen den Eckzähnen steht, so erhalten wir ein deutlicheres Bild (Kienböck). Eine Unterkieferhälfte allein kann man auch gut bei seitlicher Lagerung des Kopfes darstellen; die entsprechende Gesichtshälfte liegt fest der Platte auf und ist so weit gedreht, bis die Nase fast die Platte berührt (Quiring). Die Röhre steht senkrecht über dem der Platte aufliegenden Unterkieferrand oder etwas mehr halswärts; die Platte ist durch ein in der Halsgegend untergeschobenes Kissen schräg gelagert.

Um einzelne Partien der Kiefer und Zähne exakt darzustellen, benutzt man am besten Films. In der Dunkelkammer schneidet man die passenden Größen und wickelt am besten zwei oder drei Films mit den Schichtseiten

nach oben in doppelt schwarzes Papier, das schließlich noch in Guttapercha- oder Paraffinpapier eingehüllt wird. Der Patient drückt diese Platte an der gewünschten Stelle im Munde fest gegen Kiefer und Zähne, während er mit hinten festangelehntem Kopf recht bequem und ruhig sitzt oder liegt. Die weiche Röhre (4—5 W) befindet sich in etwa 20 cm Entfernung senkrecht über der Aufnahmestelle.

Albers-Schönberg empfiehlt auch hier die Anwendung der Kompressionsblende besonders für Aufnahmen der letzten Backzähne. Ein Filzpolster auf der oberen Wangenseite schützt den sorgsam gelagerten Kopf vor Druck.

Cieszynski, Dieck u. a. haben praktische Filmhalter angegeben. Gut bewährt und sehr einfach sind die Zahnfilmhalter[1]) nach Hauptmeyer; auch ist eine minutiöse Technik beschrieben, um die Zahnbilder stets möglichst unverzeichnet zu erhalten; die Fixation des Kopfes geschieht durch bajonettförmige Stützen, einen fixierten Einbeißklotz, durch Sandsäcke, durch die Kompressionsblende.

Port hat eine ziemlich erschöpfende Indikationsstellung für die Verwendung der Röntgenstrahlen in diagnostischer Hinsicht gegeben. Danach sind die Röntgenstrahlen von Wert:

1. zur Aufnahme des Inneren extrahierter Zähne, so daß man nicht mehr, wie früher, das Präparat zu zerstören braucht;

2. zur Feststellung von Anomalien im Munde der Patienten, z. B. bei Zwillingsbildungen, bei Frakturen, Wurzelkrümmungen, die eventuell ein Extraktionshindernis abgegeben haben, usw.;

3. um bei Neuralgien eventuell Dentikel oder Exostosen nachzuweisen;

4. für entwicklungsgeschichtliche Studien, zum Studium der Lagerung und des Verkalkungsgrades der Zahnkeime, also auch zur Altersbestimmung, was in forensischer Hinsicht von Bedeutung werden kann; auch sonst kann in gerichtsärztlicher Beziehung das Röntgenbild von mannigfachem Nutzen sein;

5. bei Anomalien der Dentition, der Stellung und des Durchbruchs;

6. zur Orientierung über die Lage etwa noch nicht durchgebrochener Zähne vor größeren Regulierungen;

7. zum Nachweis von Wurzelresten oder Sequestern im Kiefer, der Art der Heilung bei Kieferfrakturen, der Lage abgebrochener Instrumente im Wurzelkanal, von Granulationen an der Wurzelspitze, von gangränösen Zähnen, von Fremdkörpern im Antrum Highmori u. dgl.;

8. bei Alveolarpyorrhöe zur Feststellung des Grades des Alveolarschwundes, da davon die Aussicht für die Therapie abhängt;

9. zum Nachweis der Veränderungen im Knochen bei Cysten, chro-

---

[1]) Cresco-Zahnfilmhalter, dazu passende Schleußnerfilms. Zu beziehen von Rich. Seifert & Co., Hamburg.

nisch entzündlichen Prozessen, Fisteln, auch sonstigen Krankheits-, z. B. tuberkulösen Prozessen, zum Nachweis von Geschwülsten und ihrer Begrenzung;

10. zur Orientierung über den Verlauf des Canalis mandibularis, was vor schwierigen Extraktionen in der Gegend der Bikuspidaten oder Molaren von Wichtigkeit sein kann.

Auf die wertvollen Arbeiten von Hauptmeyer, besonders auch über die anatomischen Veränderungen des Unterkiefers bei einigen Stellungsanomalien der Zähne unter Zugrundelegung der röntgenologischen Befunde will ich besonders hinweisen.

Wie auch im Rachen gelegentlich die Röntgenaufnahme Aufklärung bringt, beweist unter anderen der von uns seinerzeit beschriebene Fall. Es wurde ins Eppendorfer Krankenhaus ein Patient gebracht wegen Schmerz in der einen Tonsille, an der vor einiger Zeit ein operativer Eingriff stattgefunden hatte. Patient wurde auf die Gesichts- und Halsseite gelegt, wo die Schmerzen bestanden; die Aufnahme ergab in der Tonsillengegend einen Schatten, der gebogen und nadelartig aussah. Bei dem nunmehrigen Eingriff fand sich eine in der Tonsille abgebrochene Nadel, die palpatorisch nicht gefühlt werden konnte.

Beck hat sich in zahlreichen Fällen durch das Röntgenbild von der Zusammensetzung der Struma überzeugt und bei den sehr häufigen cystischen und fibrösen Formen die Kalkablagerungen als sehr deutlich markierte Schatten dargestellt. Dementsprechend war sofort der Weg für die Behandlung vorgeschrieben.

Über die Darstellung und Beobachtung des Ösophagus durch Verschluckenlassen von kontrastreichen Substanzen haben wir (S. 279) bereits eingehend gesprochen.

Für die Diagnose der Speiseröhrenerkrankungen ist das Röntgenverfahren bereits 1896 von Rosenfeld mit Erfolg herangezogen worden. Er konnte in zwei Fällen Tumoren des Ösophagus auf dem Schirm erkennen, unter Zuhilfenahme der Sondeninspektion wurde die Lokalisation und Bestimmung des Tumors sehr erleichtert. Interessant war besonders der zweite Fall, in welchem die Diagnose einer vorher angenommenen ringförmigen, narbigen Striktur in die eines Tumors umgewandelt wurde. Für die Untersuchung der spindelförmigen Speiseröhrenerweiterung hat Rumpel-Hamburg das Röntgenverfahren verwandt. Patient führte sich zunächst eine mit Schrot gefüllte Sonde in den Magen, hierauf wurde eine zweite Sonde eingeführt, so tief sich dieselbe schieben ließ. Wir konnten dann nach dem Röntgenbild konstatieren, daß sich die erste, tiefer sitzende Sonde im Magen befand und sich der großen Kurvatur angelegt hatte. Die zweite Sonde war im Ösophagus stecken geblieben und schmiegte sich dem Verlauf der Hauptsonde an. Um die Form der erweiterten Speiseröhre sichtbar zu machen, wurden in dieselbe mit der

Schlundsonde 300 ccm einer 5%igen Schüttelmixtur von Bismutum subnitr. eingegossen. Nunmehr sah man haarscharf die Ausdehnung der Speiseröhre.

Zu einer regulären Technik hat dann Holzknecht diese zuerst von Rumpel ausgeführte Methode entwickelt, wie bereits S. 279 geschildert. Holzknecht, Kienböck und viele andere haben ihre wichtigen diagnostischen Röntgenergebnisse mit allen Einzelheiten der Technik beschrieben[1]). Steyrer schildert den Nachweis einer Ösophagusstenose (bei narbigen Strikturen oder Tumor) in sehr anschaulicher Weise: Führt das einfache Verschluckenlassen von Wismutaufschwemmung in Milch, von halbflüssigem oder konsistenterem Wismutbrei nicht zur Klarheit, so läßt man ein Stück festerer Nahrung, von der Größe, welche bei dem Patienten erfahrungsgemäß Obturationserscheinungen verursacht, schlucken; am besten in Wasser aufgeweichtes Brot ohne Rinde. Rasch darauf einige Löffel dünnen Wismutbrei. Strikturen, welche im Brust- und Halsteil liegen, werden so leicht erkannt an dem Schatten, der wie ein Gipsabguß der Speiseröhre auf dem Schirm zu erkennen ist. Eine weitere Auffüllung mit dem schattengebenden Brei zeigt die oberhalb der Verengerung vorhandene Erweiterung der Speiseröhre.

Über die Darstellung der Pulsionsdivertikel und seinen Röntgennachweis sagt Holzknecht[2]): Der strikte Nachweis jedoch für jede Form des Divertikels ist erst dann geliefert, wenn bewiesen ist, daß neben dem Ösophagus ein durch Nahrungsaufnahme füllbarer Raum vorhanden ist. Dieser Nachweis ist als gelungen anzusehen, wenn 1. dieser Raum, mit schweren Flüssigkeiten erfüllt, als intensiv dunkler, scharf umschriebener Schatten sichtbar wird und 2. eine Durchleuchtungsrichtung aufgefunden zu werden vermag, in der eine eingeführte schwere Sonde neben, also außerhalb des obigen Schattens liegend gesehen wird.

Solche Fälle haben auch Kaufmann und Kienböck eingehend beschrieben, desgleichen tiefsitzende und tiefreichende Pulsionsdivertikel, ferner Fälle von idiopathischer Dilatation der Speiseröhre.

Zusammenfassend hat in letzter Zeit Eisenstein-Moskau über die Erkrankungen der Speiseröhre berichtet und seine Untersuchungen bei Ösophaguskarzinomen, bei Kardiospasmus, bei Ösophagusspasmus und Stenose durch Druck eines Aortenaneurysmas durch außerordentlich klare, instruktive Bilder bekräftigt. Alle Aufnahmen sind mit mittelharter Röhre (6 W) bei 1—1½ Sek. Expositionsdauer (Verstärkungsschirm) derart angefertigt, daß bei der Durchleuchtung der Patient in die günstigste Stellung (meistens erster schräger Durchmesser) gebracht wurde. Eisen-

---

[1]) Vgl. Steyrer, Die Röntgenuntersuchung des Ösophagus in Groedels Atlas, München 1910, J. F. Lehmanns Verlag.

[2]) Holzknecht, Die röntgenologische Diagnostik der Erkrankungen der Brusteingeweide, Hamburg 1901, Lucas Gräfe & Sillem.

stein markiert dann an der Haut die Stelle, auf die es besonders ankommt, drückt die schon vorbereitete Platte an den Patienten, ohne dessen Stellung zu ändern, und macht in Atemstillstand die kurzzeitige Aufnahme.

Über den Brechakt hat Hesse sorgsame Röntgenstudien am Hunde angestellt.

Die Erkrankungen des Magens und Darms im Röntgenbilde haben durch die von Rieder eingeführte Technik (vgl. S. 279 ff.) zu weitgehendsten Untersuchungen und Beobachtungen geführt, und es liegt eine derartige Fülle von umfassenden Arbeiten vor, daß ich nur einige besonders verdiente Namen nennen kann: Holzknecht, Groedel, Goldammer, Kümmell, Faulhaber, Schmieden, Jolasse, Haudek, Schlesinger. Die Durchleuchtung und die Röntgenographie haben wohl gleich wichtige Ergebnisse gezeitigt. Vollkommen eingebürgert hat sich zurzeit das Doppelmahlzeitverfahren von Haudek, der überhaupt große Verdienste um die Förderung der Röntgenuntersuchung des Verdauungstraktus hat: Der Patient genießt 6 Stunden vor der ersten Durchleuchtung die erste Riedermahlzeit. Findet sich bei dieser Durchleuchtung noch ein größerer Rest der Mahlzeit im Magen, so bedeutet dies eine ernst zu nehmende Motilitätsstörung. Nun ißt der Kranke seine zweite Kontrastmahlzeit; er steht vor dem Durchleuchtungsschirm und erhält den ersten Löffel voll Brei mit der Weisung, denselben erst auf Kommando einzunehmen und zu schlucken. Nach Beobachtung des Ösophagus wird der Patient in die dorsoventrale Strahlenrichtung eingestellt, und wir beobachten nun den Eintritt des Wismuts in den leeren Magen und verfolgen seinen Weg bis zu dessen tiefstem Punkt. Der Kranke bekommt darauf den Auftrag, die Wismutmahlzeit recht schnell zu beendigen. Bei dorsoventraler Durchleuchtung sehen wir nun den mit einer Normalmahlzeit gefüllten Magen vor uns. Wir bestimmen nun sofort die Form, Lage und Größe des Magens und beobachten seine Peristaltik. Wir haben also in dieser einen Sitzung zugleich die Prüfung der motorischen Funktion — Austreibungszeit und Peristaltik — bewältigt.

Lageveränderungen des Magens werden sich dokumentieren (Pyloroptose nach Groedel, Ptosis des ganzen Magens nach Holzknecht), desgleichen die Verlagerungen des Magens durch Verziehung und Verdrängung seitens anderer Organe und pathologischer Bildungen; ferner Formveränderungen, wie die verschieden verursachten Formen der Gastrektasien, die Atonie des Magens, und der Sanduhrmagen. Haudek hat eingehend beschrieben, wie bei der Atonie primär eine partielle Verbreiterung des Magenschattens vorkommt (bei normalem Magen erhalten wir annähernd konstant die gleichmäßige Breite von etwa drei Querfingern, d. i. die Distanz von der kleinen zu der großen Kurvatur); die

Ektasie unterscheidet sich von der Atonie, abgesehen von den groben Rückständen und der Verzögerung der Austreibung vor allem durch das von Groedel und Faulhaber geschilderte Bild des niedrigen, unter dem Nabel gelegenen, sehr weit nach rechts hinüberreichenden sichelartigen Kontrastbreischattens (Vermehrung der Rechtsdistanz).

Wir sehen auch jene Veränderungen des Lumens, welche durch grob anatomische Veränderung der Magenwand (durch Schrumpfung, durch Intumeszenz) bewirkt werden, genauer: Wir sehen das Negativ der Tumoren und Tumorenoberfläche, wie Holzknecht sehr treffend sagt, an der Schattenaussparung im üblichen Wismutbild des gefüllten Magens. Bei dieser Form des Magenkarzinoms kann der Magen, wenn der Fall noch nicht sehr weit vorgeschritten ist, im großen und ganzen seine normale Form, Lage und Größe beibehalten. Hier liegen, so schreibt Faulhaber[1]), pathologisch-anatomisch der Zylinderzellenkrebs oder der Medullarkrebs zugrunde.

Die andere Hauptform des Magenkrebses charakterisiert sich durch weit weniger ins Lumen vorspringende Füllungsdefekte, welche jeden Reliefs oft vollständig entbehren und an denen nur Starrheit der Wandung und fehlende Peristaltik auffällt; dabei ist aber die Neigung zum Diffuswerden des Prozesses und zu hochgradiger Schrumpfung durch die starke Verkleinerung des Magenlumens offensichtlich. Es ist der Skirrhus, welcher hier pathologisch-anatomisch zugrunde liegt. Pyloruskarzinom zeigt die gleichen zerrissenen oder ausgesparten Füllungsdefekte, stenosierende Tumoren zeigen den Pylorusteil nicht gefüllt. Der Wismutbrei endigt unvermittelt in einer verschwommenen, meist schräg nach oben links verlaufenden ziemlich langen Linie. Er füllt, wie bei anderen Formen der Ektasie, nicht den ganzen Magen. Man sieht ihn wie eine Flüssigkeit in bauchiger Flasche oben mit horizontaler gerader Linie begrenzt (Groedel l. c.). Gutartige Pylorusstenosen mit der entsprechenden Ektasie zeigen ebenfalls diese Lagerung der Wismutmahlzeit im Magen.

Ermöglicht die Röntgenuntersuchung auch nicht die Frühdiagnose, so sind ihre Kriterien doch von eminenter Bedeutung.

Haudek, später Faulhaber haben den Wert der Röntgendurchleuchtung für den Nachweis des penetrierenden Magengeschwürs hervorgehoben. Es kommt nämlich bei jenen Magengeschwüren, welche in die Nachbarschaft (Leber, Pankreas) eindringen und zur Bildung einer extraventrikulär gelegenen abnormen Höhle geführt haben, zum Zurückbleiben einer umschriebenen Wismutquantität zu einer Zeit, da diese Teile im übrigen schon frei von Wismut sind (Nischensymptom). Haudek faßt auf Grund von 17 Fällen den röntgenologischen Symptomenkomplex folgendermaßen zusammen:

---

[1]) Faulhaber, Die Röntgendiagnostik der Magenkrankheiten, Halle a. S. 1914. Carl Marhold's Verlag.

1. Es findet sich: Ein divertikelartiger Vorsprung am Füllungsbilde des Magens, zumeist nach der kleinen Kurvatur hin im Bereiche der Pars media.

2. Nach Ablauf des Wismuts aus den oberen Magenteilen bleibt an dieser Stelle eine kleine Quantität zurück, in Form eines Halbkreises, mit kaudalwärts gerichtetem Bogen.

3. Dieser Halbkreis wird nach oben hin durch einen zweiten, aber hellen — eine Gasblase — zu einem Kreise ergänzt.

4. Das geschilderte Schattenbild ist palpatorisch nicht verschieblich.

5. Manchmal wird dasselbe erst bei Körperdrehung des Patienten sichtbar.

6. Die Wismutquantität kann durch Rechtslage angereichert werden — wegen ihrer Lage an der kleinen Kurvatur.

Faulhaber fügte diesen Röntgenmerkmalen noch die Bedeutung der persistierenden Sanduhrform für die Ulcusdiagnose hinzu.

Im Gegensatz zu dem tiefgreifenden Ulcus entgeht das oberflächliche Ulcus entweder ganz dem Röntgennachweis, oder es läßt sich durch indirekte Zeichen mehr oder minder wahrscheinlich machen. Während nun Haudek der Überzeugung ist, daß jedes auch noch so kleine (auch das pylorusferne) Ulcus des Magens durch den hierbei gewöhnlich vorkommenden Pylorospasmus fast stets zu groben Rückständen nach 6 Stunden führt, stehen Faulhaber und andere auf dem Standpunkt, daß ein oberflächliches Ulcus des Magenkörpers keinerlei Einfluß auf die Motilität des Magens ausübt.

Um bei der Motilitätsprüfung des Magens festzustellen, ob die Verzögerung in der Austreibung der Ingesten durch Pylorospasmus oder durch Pylorusstenose bedingt ist, haben Holzknecht und Sgalitzer das Papaverin[1]) benutzt; besteht eine Motilitätsverzögerung, so wird sie im allgemeinen bei Pylorospasmus nach Verabreichung von Papaverin infolge seiner krampflösenden Wirkung auf die glatte Schließmuskulatur des Pylorus aufgehoben; bei Stenose nimmt sie in vielen Fällen erheblich zu. Beim gesunden Magen wird seine Austreibungszeit um ein Viertel bis ein Drittel der normalen Zeit verzögert.

Über die Dünn- und Dickdarmuntersuchung verweise ich noch einmal ganz besonders auf die Ausführungen von Holzknecht S. 285.

Das Duodenalgeschwür, dessen Röntgenkenntnis wir auch Haudek verdanken, wird nach Kreuzfuchs mit folgender Technik gesucht: Patient trinkt auf nüchternen Magen ein halbes Glas Wismutaufschwemmung. Röntgenuntersuchung sofort und zum zweitenmal nach einer Stunde. Jetzt ist der Magen gewöhnlich bereits leer und der persistierende Wismut-

---

[1]) Papaverinum hydrochloricum von Merck oder von Hoffmann-La Roche; 1 Stunde vor Verabfolgung der Riedermahlzeit 0,05 bis 0,07 g per os.

fleck an der Stelle des Ulcus im Duodenum sehr schön nachzuweisen. Erst jetzt erhält der Patient die Wismutmahlzeit, und die Untersuchung des Magens besonders im Hinblick auf seine Motilität schließt sich an. Das Charakteristische der duodenalen Magenmotilität ist nach Kreuzfuchs: Vertiefte Corpus- und Antrumperistaltik, rasche und ausgußförmige Füllung des Duodenums und schnelle Auffüllung des Dünndarms. (Mit dem persistierenden Ulcusfleck nicht zu verwechseln ein im Bulbus duodeni liegendes Wismutdepot mit darüberliegender Gasblase!)

Fälle von Dünndarmstenose sind verschiedentlich diagnostiziert worden. Holzknecht schreibt: Normalerweise findet im Dünndarm keine geschlossene Anhäufung von Ingesten, keine Ausgußbildung statt, und die zerstreuten kleinen Inhaltsquantitäten werden stoßweise vorwärts getrieben. Eine Ausnahme machen nur die letzten Ileumschlingen, aber auffallende wurmartige Peristaltik kommt auch hier nicht vor. Diese beiden Vorkommnisse sind, wie am Duodenum Symptom der Stenose. Levy-Dorn sah die Ingesta längere Zeit stehen bleiben, so daß die Wismutmassen erst nach 30 Stunden in den Dickdarm gedrungen waren.

Um das Duodenum recht deutlich zu machen, hat David seine Füllung mit Hilfe der Einhorn-Großschen Duodenalsonde direkt mit schattengebenden Ingesten besorgt. Auch tiefere Darmabschnitte lassen sich derart gesondert füllen und zur Darstellung bringen.

Viel wesentlicher ist die Untersuchung des Dickdarms gefördert worden. Ich erinnere zuerst an die Röntgenbefunde bei den verschiedenen Typen der Obstipation.

Stierlin fand bei einem erheblichen Teil der Fälle von schwerer Obstipation, verbunden mit den Symptomen der sogenannten chronischen Appendicitis, eine abnorm lange Stagnation des Kotes im Colon ascendens und Cöcum; beide waren auf dem Röntgenbild meist sackartig gedehnt, mit wenigen seichten, haustralen Einschnürungen und in toto tiefstehend.

Auf die Einzelheiten des Röntgenbefundes bei der spastischen Obstipation (Holzknecht, Schwarz, Singer) kann ich hier nicht eingehen; ich will nur noch anführen, daß bei der sogenannten proktogenen Obstipation die Ingesten in ganz normaler Zeit bis ins Rektum gelangen, hier aber liegen bleiben.

Über die Lage des Dickdarms unterrichtet die Röntgenuntersuchung besonders gut. Von der normalen Dickdarmlage kommen die verschiedensten Abweichungen vor ohne Beschwerden für den Träger. Am häufigsten weicht das Colon transversum im Sinne einer Senkung ab. Haenisch betont: „daß neben dem Colon transversum im Verlauf des S romanum die größten Abweichungen bezüglich Länge und Schlingenform vorkommen". Auch hier steht wieder die Feststellung oder die Ausschließung von Verwachsungen für die diagnostische Deutung im Vordergrunde. (Durchleuchtung am Schirm nach Wismutmahlzeit, Holzknechts Distinktor

zum Auseinanderdrücken und Ordnen der Darmschlingen, Tief-in-und-exspirieren-Lassen; sehr wertvolle Beobachtung des Einlaufs auf dem Trochoskop nach Haenisch!)

Erweiterungen einzelner Darmabschnitte wurden beobachtet und dargestellt, Druckempfindlichkeiten und Tumoren wurden lokalisiert. Stierlin hat uns gelehrt, wie „die Diagnose intraabdominaler Neubildungen (Abszesse und Tumoren) bestimmter Lokalisation mittels des Röntgennachweises der durch sie bedingten Verlagerung des Dickdarms in unklaren Fällen entschieden werden kann. Der Psoas- und Iliakalabszeß verrät sich im Röntgenbilde durch eine typische mediane Verlagerung des mit Kontrastinhalt gefüllten Cöcums und Colon ascendens. Bei rechtsseitigen Beckentumoren erfolgt die Verlagerung des Cöcums, entsprechend ihrem höheren oder tieferen Sitz, mehr medianwärts oder nach oben (Kontrastmahlzeit per os, Untersuchung nach 8 Stunden). Der diagnostische Nachweis der typischen medianen Verschiebung des Colons bei Neubildungen der Niere und Nierengegend gelingt nach Füllung des Dickdarms mit einem Kontrasteinlauf, eventuell auch nach Ba-Einnahme per os auf der Röntgenplatte weit sicherer und schonender als durch die bisher übliche Aufblähung.“

Die zirkumskripten röntgenologisch sichtbaren Veränderungen am Dickdarm zerfallen nach Holzknecht in zwei Gruppen.

Einfache ulzeröse Prozesse ohne grobe Schrumpfung oder Intumeszenz der Wand bewirken ein höchst auffallendes Symptom, die zirkumskripte Hypermotilität. Die Ingesten verweilen in ihrem Bereiche nicht, sondern werden rasch hindurchbefördert. Dadurch entstehen im Zug der Ingestensäule auffallende Intervalle. Bei der häufigsten Affektion aus dieser Gruppe, der Ileocökaltuberkulose, an der Stierlin dieses Verhalten studiert hat, findet sich daher 6 Stunden post coenam die Tete der Ingesten an der linken Flexur, wie bei diffuser Hypermotilität, aber die kranke Darmpartie ist nie gefüllt.

Die groben Wandveränderungen lassen bei günstiger Lage Füllungsdefekte erkennen, wobei die medullären Tumoren sich mit ihren scharfen, grob-unregelmäßigen Grenzen darstellen, während die schrumpfenden langgestreckte Engen hervorrufen; die Engen schrumpfender ulzerativer Prozesse sind kurz. Diese Veränderungen sind bei nennenswertem Grad auch durch Stenosierung und Motilitätsstörung gekennzeichnet. Pralle Füllung mit reichlichem Gasgehalt vor der Enge, zerstreute Ingestenbröckel in den distalen Abschnitten.

Haenisch fordert für die Untersuchung von Verengerungen des Darmlumens durchaus den Einlauf per rectum und auch diesen nur derart, daß das Eintreten und Fortschreiten der Flüssigkeit vom ersten Augenblick an bis zum Cöcum dauernd auf dem Schirm beobachtet wird. (Sichtbar wird ein Stillstand im Vordringen der Einlaufmasse mit trichterförmigem

Ende oder fingerförmigem Fortsatz und unvollkommener Füllung der zentral gelegenen Darmpartien; oder Arretieren des Einlaufs und langsame Füllung des oberhalb gelegenen Dickdarms in normaler Weise bis auf die eine ausgesparte [stenosierte] Stelle.)

Haenisch resümiert schon 1911 unter anderem folgendermaßen:

2. Es lassen sich nachweisen Lagenanomalien, Schlingenbildung, Erweiterungen und Verengerungen des Lumens, Abknickung, Verwachsungen, Spasmen, Zugehörigkeit palpabler Tumoren zum Darm.

3. Unter den Lumenverengerungen sind mit einiger Sicherheit Tumoren des Darms, Spasmus, Verengerungen durch Verwachsungen (Perisigmoiditis) zu unterscheiden.

4. Die klinischen Untersuchungsresultate sind für eine Diagnosenstellung stets sorgfältigst zu berücksichtigen.

5. Eine Diagnose darf erst nach mindestens zweimaliger Untersuchung in angemessenen Zeitabständen gestellt werden.

6. Nach beendeter Untersuchung soll die Bi-Bolus-Mischung unter Schirmbeobachtung ausgehebert werden. Dies Verfahren gibt oft weitere Anhaltspunkte, anderseits werden dem Patienten große Beschwerden durch Verhärtung der Einlaufsmasse erspart.

Die interessanten Untersuchungen von v. Bergmann und Katsch über den Darm bei pharmakologischer Beeinflussung seiner Innervation kann ich hier nur andeuten.

Besondere Erwähnung müssen noch einige Krankheiten der Nieren finden. Ich verweise auf das Kapitel über Nierensteine usw. S. 308.

Sträter hat das Verdienst, die Nierenröntgendiagnostik als erster methodisch ausgebildet zu haben, und besonders wertvoll sind die Arbeiten von Haenisch[1]), von Lichtenberg und Voelcker. Eine gründliche Entleerung des Darmes und die Benutzung des Luffaschwamms sind durch Sträter eingeführt worden.

Vergrößerungen und Verlagerung der Niere sind bildlich darzustellen. Nach Sträter lassen sich Wandernieren dadurch nachweisen, daß man mehrere Aufnahmen macht, bei denen man jedesmal den Druck des Luffaschwamms in verschiedener Richtung auf die Nierengegend wirken läßt. Die normale und feste Niere kann dem Druck nicht wesentlich ausweichen, die Wanderniere wird je nach der Richtung des Druckes ihre Lage ändern. Auch kann es in Fällen, wo ein Tumor in abdomine von entsprechender Form eine Wanderniere klinisch vortäuschen sollte, zur Sicherung der Diagnose beitragen, wenn man den Nierenschatten an normaler Stelle findet oder nicht.

Tuberkulös erkrankte Nieren zeigen im allgemeinen keinen von der Norm abweichenden Schatten. Dagegen sind Kalkablagerungen in tuber-

[1]) Röntgendiagnostik des uropoetischen Systems von Haenisch, Hamburg 1908, Lucas Gräfe & Sillem.

kulösen Prozessen sichtbar, und sie unterscheiden sich von Nierensteinen dadurch, daß sie mehr strich- und punktförmige Flecken auf die Platte setzen, die meist nicht in der Hilusgegend, sondern mehr im Parenchym gelegen sind, oft hat sie Sträter am äußersten Rande der Niere gefunden.

Haenisch betont mit Recht, daß der Nachweis einer zweiten Niere und ihrer Lage bei Erkrankung der anderen Seite für den Chirurgen

Fig. 239.



E. Sch., 35jährige Frau, rechte Niere beweglich, ab und zu schmerzhaft, Urin ohne patholog. Bestandteile. Kapazität des Nierenbeckens 20 ccm, also geringe Dilatation, Nierenbecken mit 3%iger Kollargollösung angefüllt, im Ureter liegt der Katheter (nach Voelcker).

von unschätzbarem Werte ist. Nach seinen Messungen schwankt die Breite der scharf konturierten Nierenschatten zwischen 6,0 und 7,3 cm.

Grunmach hat ein Bild gebracht von Hydronephrose; die Aufnahme zeigte einen kindskopfgroßen, in der linken Seite des Abdomens gelegenen matthellen Schatten, der rings von einem tiefdunklen Wulst umgeben war. Ähnliche Fälle sind von Kümmell und Rumpel und von Haenisch beschrieben worden, besonders wichtig dann, wenn bei bester Technik Steinschatten nicht nachzuweisen waren. Nieren-

tumoren (Echinokokkus, Sarkom) sind von Eiselsberg, Beck, Sträter u. a. dargestellt worden, paranephritische Abszesse von Kolb (vgl. Stierlin, S. 394).

Einen großen Fortschritt hat die Nierenröntgentechnik aufzuweisen durch die von v. Lichtenberg und Voelcker eingeführte sogenannte Pyelographie. Sie gehen so vor, daß sie eine 2—3%ige Kollar-

Fig. 240.



Tuberkulose der linken Niere.

Ausgedehnte Verkalkungen, hauptsächlich in den peripheren Bezirken der Niere (von der operativ entfernten Niere der rechten Seite existiert das anatomische Präparat) (Köhler-Wiesbaden).

gollösung mittels Ureterenkatheters in das Nierenbecken injizieren und dann den Patienten röntgenographieren. Die Abbildung (Fig. 239) danke ich der Liebenswürdigkeit der Herren. Durch diese Technik ist es gelungen, Lageveränderungen der Nieren, Erweiterungen des Nierenbeckens und der Ureteren besonders anschaulich darzustellen. An Wandernieren zeigten sie solche mit erweitertem und nichterweitertem Becken, solche ohne oder mit abgeknicktem Ureter; ferner Bilder von Erweiterung des Nierenbeckens bei Pyelitis, Bilder bei Hydronephrose usw. Bezüglich

der schon oben erwähnten Nierentuberkulose betont v. Lichtenberg den großen diagnostischen Nutzen: a) zur Feststellung der Größe und der Form (miliare, kavernöse, pyonephrotische) der Zerstörung in der betreffenden Niere, b) bei doppelseitiger Erkrankung durch genaue Feststellung der anatomischen Veränderungen der Nieren, c) zur Feststellung der Erkrankung des Ureters und ihrer Ausdehnung (starre periureteritische oder ulzeröse Form). Auch die Blase und den Miktionsvorgang haben v. Lichtenberg, Dietlen und Runge röntgenokinematographisch fixiert. Für die Blasenfüllung wurde eine 4—5%ige Kollargollösung benutzt.

Um den Ureter röntgenographisch darzustellen, hat man sich mit Erfolg des Ureterenkatheterismus bedient. Der Katheter wird am besten vorher zwecks Kontrastes mit einem Metallmandrin oder mit einer sonstigen kontrastierenden Masse armiert. Voelcker und v. Lichtenberg haben gezeigt, daß der linke Ureter im ganzen der Mittellinie etwas näher liegt als der rechte. Der Nachweis von Lageveränderungen und sonstigen Anomalien kann sehr wichtig sein.

Oehlecker hat durch seine sorgsamen Untersuchungen den Wert der Pyelocystographie, und zwar besonders in der Form von großen Übersichtsaufnahmen des ganzen uropoetischen Systems, hervorgehoben und betont, daß zu ihrer Ausführung ein harmonisches Ineinandergreifen des Cystoskopier- und des Röntgenbetriebes unbedingt nötig ist. (Oehleckers Technik ist folgende: 40:50 Platte; die Kastenblende wird ohne Kompression zuerst auf die eine Nierenureterseite eingestellt und der übrige Teil des Körpers durch Schutzstoff mit rechteckigem Ausschnitt abgedeckt. Jetzt wird diese Nierenureterseite mit Kollargol gefüllt und eine Momentaufnahme gemacht. Nunmehr folgt in gleicher Weise unter Abdeckung der fertigen Seite Füllung und Momentaufnahme der anderen Seite.)

Daß bei raumbeengenden Tumoren im Inneren der Blase das Röntgenbild ausschlaggebend sein kann, hat Haenisch in einem Fall bewiesen, in welchem die Cystoskopie unausführbar war. Nach Füllung der Blase mit einer 10%igen wäßrigen Wismutaufschwemmung zeigte das Röntgenbild, daß an der von dem Tumor eingenommenen Seite der Wismutschatten fehlte. Mit derselben Technik stellten Wulff und mit Kollargolfüllung die obengenannten Autoren Lage- und Formveränderung der Blase fest.

Nase, Kehlkopf, Luftröhre und Lungen.

In den beiden ausführlichen Kapiteln der Anatomie und Physiologie einerseits und der normalen Bildverhältnisse anderseits haben wir bereits von der Röntgentopographie der obigen Organe, von ihrer Differenzierung auf Platte und Leuchtschirm und von der zweckmäßigsten Einstellung gesprochen, so daß wir, um Wiederholungen zu vermeiden, auf jene verweisen.

Die ersten Arbeiten aus dem Gebiete der Rhino- und Laryngologie sind gleich zu Beginn der Röntgenzeit von Scheier, dann von Spieß gebracht worden. Unter den neueren Arbeiten hebe ich diejenigen von Winckler, Wassermann, Goldmann und Killian, Oertel, Thost und von den beiden zuerst genannten Forschern hervor.

Fremdkörper in der Nase und deren Nebenhöhlen, im Nasenrachenraum, wie Nadeln, Schrauben, Knöpfe, Perlen, retinierte Zähne (Scheier) usw., lassen sich deutlich erkennen; desgleichen natürlich Sonden oder dünne Bleistreifen, die zum Zwecke der genaueren Beforschung dieser kleinen kompliziert gebauten Hohlräume und ihres Verhaltens untereinander eingeführt werden. Winckler umhüllt dieselben zum Vermeiden irgendwelcher Reize mit Watte, welche mit 20%igem Kokainvaselin durchfettet ist.

Scheier hob schon die Bedeutung insofern hervor, als man sich mittels der Röntgenstrahlen unzweifelhaft überzeugen kann, daß die Stirnhöhle und die anderen Nebenhöhlen überhaupt vorhanden sind. Ferner ist man in der Lage, die Beschaffenheit des Stirnhöhlenbodens und der Nasenwurzel festzustellen, Beziehungen zwischen Stirnhöhle und Siebbein zu vermitteln oder die Sondierung der einzelnen Höhlen genauestens zu kontrollieren. So wird selbst der Operationsplan bis zu einem gewissen Grade von dem Röntgenbefund abhängig. Spieß hat die Eröffnung der Stirnhöhle von der Nase aus unter Leitung des Röntgenbildes vorgenommen und empfohlen.

Alle Forscher sind sich darin einig, daß die zuverlässigsten Resultate die Sagittalaufnahme der Siebbeinzellen gibt. Eine Verschleierung der Gegend der Ethmoidalzellen deutet stets auf eine Erkrankung derselben; einseitige Verschleierung ist besonders wertvoll und beträchtliche Verschleierung deutet nach Killian stets auf eine eitrige Erkrankung oder eine hochgradige Degeneration der Schleimhaut hin (vgl. Fig. 147, S. 252).

Die Röntgenuntersuchung der Keilbeinhöhlen ist besonders durch Scheier und Thost gefördert worden. Wichtig ist die seitliche Aufnahme, die Aufnahme von hinten nach vorn und diejenige von oben nach unten. Bei der letzteren (von Scheier axiale Aufnahme genannt) liegt die Platte oder der Film horizontal unter dem Kinn oder im Munde parallel zum harten Gaumen. Der Fokus der Röhre steht über dem Kopf 1—2 cm vor der Scheitelhöhe. Auf den Röntgenbildern konnten Trübungen bei chronisch-entzündlichen Prozessen, bei Granulationsbildung, bei Eiterung nachgewiesen werden.

Der gleiche Befund wurde erhoben bei Erkrankungen der Oberkieferhöhle. Doch müssen hier, wie immer, alle sonstigen Untersuchungsmethoden zu Hilfe genommen werden, da die korrespondierenden Höhlen auch am Gesunden gelegentlich verschiedene Schattenhelle geben.

Sehr häufig haben die Röntgenstrahlen in der Schattenhelle des Kehlkopfes und der Trachea Fremdkörper differenzieren lassen; besonders wertvoll ist dies bei der Untersuchung von Kindern, bei denen die Methoden mit Spiegel und Sonde sehr erschwert und durch Widerspenstigkeit oft unmöglich gemacht werden können.

Ferner haben wir schon 1897 auf Anregung von Thost-Hamburg eine Reihe von Versuchen gemacht bei Patienten, die tracheotomiert waren, die Lage der Trachealkanüle zu bestimmen. Die Aufnahmen wurden von vorn und von der Seite gemacht; man kann so feststellen, ob die Kanüle mit ihrem unteren Ende genau in der Mitte der Trachea liegt, ohne die seitliche Wand der Trachea zu reizen, anderseits, ob die Kanüle eventuell die vordere Wand der Luftröhre stärker drückt.

Da normalerweise die Schattenhelle der Trachea bei Durchstrahlung von vorn nach hinten in der Mitte der Wirbelkörper abwärts verläuft, sind Abweichungen ihres Verlaufs, Verdrängungen durch Tumoren wohl darstellbar.

Pfeiffer hat sich sehr eingehend der systematischen Untersuchung der Luftröhre und ihrer Veränderungen bei Struma am Halse und im Brustraum gewidmet, da durch den anliegenden Druck einer Struma die praktisch wichtigste und häufigste Form- und Lageveränderung der Trachea gegeben ist. Auf dem Röntgenbild zeigen sich diese Veränderungen darin, daß die Schattenaussparung der Trachea nach rechts oder links verschoben, bogenförmig oder winklig abgeknickt, mehr oder weniger eingeengt nach abwärts verläuft. Pfeiffer fand diese Veränderungen im oberen und sehr häufig in den tiefsten, jeder anderen Untersuchung unzugänglichen Partien, und oft oberhalb bzw. unterhalb der Einengung eine ampullenartige Erweiterung der trachealen Schattenhelle. Seine Befunde wurden bei der Operation stets bestätigt.

Zu ähnlich wichtigen Resultaten kam Engel bei seinen Untersuchungen über die Form, Lage und Lageveränderungen des Bronchialbaumes im Kindesalter.

Ferner betont Pfeiffer, daß sich die tiefliegenden retrosternalen und intrathorakalen Strumen nach ihrer Lage und ihrem Umfang im Röntgenbild mit solcher Sicherheit nachweisen lassen, wie es mit keiner anderen Untersuchungsmethode möglich ist. Zu gleichen Resultaten ist auch Kienböck bei der intrathoracischen Struma gekommen.

Curschmann und Pfeiffer haben ferner auf die frühdiagnostische Bedeutung der Verlagerung von Luftröhre und Kehlkopf bei Erweiterungen der Aorta, bei Tumoren des Mediastinums und bei Flüssigkeitsansammlungen im Pleuraraum hingewiesen.

Vor allem muß ich auf die ausgezeichneten seitlichen Aufnahmen des Larynx und der Luftröhre von Scheier und Thost[1]) hinweisen.

---

[1]) Der normale und kranke Kehlkopf des Lebenden im Röntgenbild von A. Thost, Hamburg 1913, Lucas Gräfe & Sillem.

T h o s t hat genauestens festgestellt, wie weit sich die schon klinisch und pathologisch-anatomisch bekannten Veränderungen am Knorpel bei Erkrankungen des Kehlkopfes im Röntgenbild nachweisen lassen; besonders die Zerstörungen des Knorpels bei Diphtherie, Typhus, Lues, Tuberkulose und Lupus; ferner wie weit Schleimhauterkrankungen den Knorpel mit verändern, und ob der Knorpel im erkrankten Kehlkopf früher oder später verknöchert als unter normalen Verhältnissen.

H o l z k n e c h t hat die einseitige Bronchostenose insofern als röntgenoskopisch nachweisbar gezeigt, als man bei derselben die inspiratorische Dislokation des Mediastinums in die stenosierte Thoraxhälfte sehen kann. J a k o b s o n würdigte dieses Röntgenphänomen schon vorher.

Was nun die Untersuchung bei Lungen- und Pleurakrankheiten anlangt, so gilt hier in ganz hervorragendem Maße, die normalen Bildverhältnisse in den verschiedenen Projektionen und bei verschiedenem Röhrenstand zu beherrschen. Man muß die beiden Seiten, soweit das möglich ist, stets vergleichen und sich bei der Untersuchung Zeit lassen. Wir haben es stets am praktischsten gefunden, ganz vorurteilsfrei an eine Betrachtung heranzugehen, sich die Bildnotizen zu machen, den Patienten wiederholt zu durchleuchten und dann eine Röntgenaufnahme anzuschließen. Stellt man zuerst die Röntgenuntersuchung an, so beobachtet man ruhiger und kaltblütiger und hat dann noch mehr Freude, den Röntgenbefund mit den klinischen Tatsachen übereinstimmend zu finden. Und in allen Fällen, wo es die Verhältnisse gestatten, sollten noch Röntgenaufnahmen gemacht werden; denn das Röntgenogramm bei Atmungsstillstand mit einer guten weichen Röhre zeigt die Details der Lungen und alles dessen, was sie beherbergen, in unübertrefflicher Weise.

Die Durchleuchtung der L u n g e n und des Z w e r c h f e l l s hat eine ganze Reihe der interessantesten Beobachtungen gezeitigt. Ich erinnere hier an den Fall von L ö b k e r, der in dem Abschnitt für Unfallheilkunde verzeichnet steht, wo nach einem Trauma, das den Brustkorb getroffen, und einem sich anschließenden operierten Empyem zum erstenmal und so allein ein vollkommener Zwerchfellstillstand der rechten Seite konstatiert werden konnte. Wie überraschend wirkte seinerzeit die Beschreibung eines asthmatischen Anfalls von L e v y - D o r n. Er sah, wie sich die rechte Zwerchfellseite gar nicht mitbewegte, sondern in einer mittleren Stellung verharrte, während links bei Inspiration das Zwerchfell sich schnell abflachte, um sich bei der Exspiration nur mühsam zu erheben. Eine Beobachtung über den akuten Singultus hat R o s e n f e l d mitgeteilt; er sah zuerst das Zwerchfell tief herabsteigen, sich einen Moment fest anspannen und dann die Baucheingeweide mit einer explosionsähnlichen Heftigkeit das Zwerchfell stark nach oben drängen.

Holzknecht wies schon früh auf die Darstellung des Zwerchfellhochstandes bei Ascites und Tumoren im Abdomen (Gravidität) und des pathologischen Zwerchfelltiefstandes bei Volumen pulmonum auctum hin. In einer außerordentlich eingehenden Arbeit hat er zusammen mit Hofbauer[1]) die Physiologie und Pathologie der Atmung behandelt, die eine Fundgrube der interessantesten Beobachtungen und scharfsinnigsten Schlüsse darstellt.

Ich erinnere schließlich noch an die interessantesten Fälle von Hernia diaphragmatica.

Haben wir somit Beispiele, in denen abnormer Zwerchfellstand und seine Bewegungen zum erstenmal direkt gesehen werden konnten und zur Aufklärung von sonst schwer oder gar nicht zu deutenden Symptomen führten, so können wir anderseits auch eine Reihe von pathologischen Zuständen der Pleuren und Pleuraräume zur Darstellung bringen. Die seröse, eitrige und hämorrhagische Pleuritis geben teilweise gute Bilder, so daß man den klinischen Befund wohl kontrollieren kann. Der von Flüssigkeit eingenommene Pleurateil zeigt sich dunkler schattiert und kontrastiert deutlich mit der gesunden Seite und der über dem Flüssigkeitsniveau gelegenen Lungenpartie. Die Bewegung des Zwerchfells ist mehr oder weniger aufgehoben, und der Schatten im Röntgenbild überragt die perkutorische Dämpfungsfigur des Exsudats deutlich. In solchen linkseitigen Fällen findet man auf dem Bilde das Herz nach der rechten Seite gedrängt, oder man sieht das in normalem Zustande nicht sichtbare Mediastinum seitlich von der Wirbelsäule; es wird durch die nach der gesunden Seite drängende Flüssigkeitsmenge hinübergeschoben. Pleuraschwarten geben ähnliche Bilder wie Exsudate, mitunter sehen wir ihre tiefen Schatten gleichmäßig in großer oder größter Ausdehnung, in anderen Fällen dunklere wolkige Schattierung oder strangartige Züge. Bei kalkhaltigen Pleuraschwarten sah Krause haarscharf abgesetzte, kreisförmige Schatten oder solche von strahliger Art. Benedikt konnte schon vor langen Jahren neben Schwarten Verwachsungen des Rippenfells mit dem Zwerchfell nach Pleuritis nachweisen und eine Verlötung des Zwerchfells mit dem Herzbeutel; bei tiefer Inspiration trat unter anderem eine Knickung der Zwerchfellwölbung ein. Solche pleuro-perikardialen Verwachsungen wurden auch von Bremer und Dietlen beschrieben. Dietlen sah, daß das Zwerchfell durch strangartige Züge zwischen ihm und dem Herzen bei tiefer Einatmung in Form von kleinen, zeltartigen Zacken und Spitzen gehoben wird, daß ferner isoliert oder kombiniert mit solcher Zeltbildung ein mit der Herzsystole synchon erfolgendes Zucken der Zwerchfellkuppe besonders bei angehaltener tiefer Inspiration einsetzte, als ob das Herz durch Vermittlung des Herzbeutels am Zwerchfell rhythmisch zöge.

---

[1]) Jena 1907, Verlag von Gustav Fischer.

In den Lungenbildern werden alle die Partien, welche aus irgend einem Grunde eine dichtere, festere Konsistenz im Gegensatz zu dem normalen Lungengewebe angenommen und eine gewisse Größe erreicht haben, die Röntgenstrahlen weniger durchlassen; die Platte wird also im Projektionsbereich solcher Herde Schattenhelle, der Leuchtschirm dagegen Schattendunkel aufweisen.

Überall dagegen, wo an Stelle des normalen Lungengewebes ein gedehntes, lufthaltigeres, geblähtes Gewebe oder gashaltige Hohlräume treten, werden wir auf dem Leuchtschirm Schattenhelle konstatieren.

So unterscheidet denn Holzknecht sehr bezeichnend im jedesmaligen Hinblick auf den Kontrastreichtum des ganzen Thoraxbildes vier Helligkeitsgrade, welche repräsentiert werden durch die Schattenhelle

1. des Pneumothorax,
2. des Emphysems,
3. der normalen Lunge, und durch die Schattendichte
4. der Stauungslunge.

Durch Übung und Studium in den schon öfters erwähnten guten Atlanten muß man diese Differenzierung kennen lernen. Und es kann nicht oft genug hervorgehoben werden, das Röntgenlicht mittelweich zu nehmen und gut abzublenden, um feinere Unterschiede zu erkennen.

Auf die einzelnen Erkrankungen der Lunge genauer einzugehen, ist hier nicht möglich; ich will nur noch den Befunden bei Lungentuberkulose einige Worte widmen. Denn darüber sind sich heute alle Forscher, welche die Röntgendiagnostik beherrschen, einig geblieben, daß man nicht allein bei bereits fortgeschrittenen tuberkulösen Lungenprozessen die verschiedenen krankhaften Veränderungen zur Darstellung bringen kann, sondern daß die Röntgenstrahlen auch ein wesentliches Hilfsmittel für die Frühdiagnose der Phthisis pulmonum sind. Ich muß hier besonders auf die eingehenden deutschen Arbeiten von Albers-Schönberg, Arnsperger, Aßmann, de la Camp, Holzknecht, Immelmann, Alban Köhler, Krause, Otten, Rieder, Stuertz, Weinberger, Wenckebach, Ziegler und Ziemssen hinweisen.

Allgemeiner Anerkennung sind wohl bezüglich der Leistungsfähigkeit der Röntgendiagnostik für die Frühtuberkulose der Lungen die folgenden von Krause formulierten Leitsätze sicher:

„1. Infiltrationen, die perkussorisch nachweisbar sind, werden sowohl röntgenoskopisch als röntgenographisch erkannt.

2. Infiltrationen, die, weil sie zentral gelegen sind, perkussorisch nicht nachweisbar sind, werden, wenn sie eine genügende Ausdehnung haben, sowohl röntgenoskopisch wie röntgenographisch erkannt.

3. Infiltrationen, die wegen ihrer geringen Ausdehnung perkussorisch nicht nachweisbar sind, auch röntgenoskopisch keinen sicheren Befund

geben, sind in vielen Fällen bei genügender Abblendung auf der Röntgenplatte noch sichtbar.

4. Lungenspitzen, über welchen man durch die Perkussion keine Abschwächung von der Norm, dagegen Katarrh mit Hilfe der Auskultation konstatieren kann, ergeben weder durch die röntgenoskopische noch röntgenographische Untersuchung einen für die Frühdiagnose verwertbaren Befund.

5. Bei einseitigem Spitzenkatarrh findet sich häufig ein schlechter Luftgehalt der einen Lungenspitze, der sich röntgenoskopisch bei exakter Abblendung der Lungenspitzen nachweisen läßt. Ein solcher Befund ist mit Vorsicht als verdächtiges Symptom der Frühtuberkulose zu verwerten."

Über die Anfertigung von Lungenspitzenaufnahmen und Übersichtsaufnahmen der Lungen habe ich bereits (S. 257) eingehend gesprochen.

Wir müssen hier noch eine kurze Bemerkung der Lungenzeichnung anfügen. In der Mitte der beiden helleren, leicht marmorierten Lungenfelder, zu beiden Seiten des Mittelschattens, liegen regelmäßig Schatten, die medial und zunächst abwärts dichter sind und schließlich nach oben und unten streifenartig verlaufen. Diese Hiluszeichnung rührt in der Hauptsache von den gefüllten Blutgefäßen her, die tangential getroffenen dickeren Bronchienwände haben auch Anteil an dieser Schattierung.

Da nun die Tuberkulose im kindlichen und jugendlichen Alter sehr häufig an den Hilusdrüsen beginnt, muß diese Gegend sorgsam nach verdächtigen Schatten von indurierten oder verkalkten Drüsen abgesucht werden, denn die normalen Lymphdrüsen sind nicht sichtbar. A. Köhler hat sich als erster eingehend mit der Frühdiagnose der Lungendrüsentuberkulose beschäftigt, und er betont, daß die lateralsten verkästen Drüsen seitlich von dem Hilusschatten am sichersten gesehen werden, während die Schatten pathologisch veränderter Drüsen im Hilusdunkel erst sorgsam gesucht werden müssen. Engel hält die Verhältnisse für die Röntgen-Diagnose nur bei den rechten broncho-pneumonalen Drüsen für einigermaßen günstig.

Rieder hat ferner darauf hingewiesen, daß auch bei Erwachsenen häufiger, als man angenommen hatte, mit Hilfe der Röntgenstrahlen Hilusdrüsentuberkulose nachzuweisen sei, allerdings hier meist mit anderen tuberkulösen Veränderungen der Lungen kombiniert.

Die sorgsamsten Untersuchungsbefunde über fortgeschrittenere Lungentuberkulose liegen in großer Zahl vor, und Holzknechts Worte bestehen heute mehr als je zu Recht: „In vorgeschrittenen Fällen gibt die Röntgenuntersuchung das weitaus beste Übersichtsbild der bestehenden Verheerungen, entwickelt sicher und plastisch deren Verbreitungsbezirke und ihre Grenzen und gestattet daher im Gegensatz zu den übrigen klinischen Methoden, deren viel kompliziertere Befunde

an gewisse Momente (Oberfläche, Bronchialsystem) örtlich gebunden sind, eine schärfere Beobachtung des Verlaufs und der Ausbreitung des Prozesses. Sie gibt ein sinnfälliges Bild der verlorenen und der restierenden Lungenkapazität."

Die zirkumskripteren oder diffuseren Schatten kennzeichnen die erkrankten infiltrierten Lungenpartien und käsig pneumonische Prozesse. Strangartige Schatten in den obersten Partien der Oberlappen und in der Hilusgegend vom Drüsenschatten aus weiterziehend entsprechen peribronchitischen Infiltrationen.

Die oberflächlich gelegenen lufthaltigen Kavernen geben einen hellen rundlichen Fleck mit einem dunklen, ziemlich scharf abgesetzten Rande, der nach außen allmählich in den meist vertieften Lungenschatten übergeht; tiefer gelegene Kavernen geben nur helle Flecke in dem sonst schattigen infiltrierten Lungengewebe. Wassermanns erste derartige Mitteilung 1897 erregte damals berechtigtes Aufsehen.

Rieder hat bedeutsam hervorgehoben, daß auch bei der Anfangstuberkulose viel häufiger, als man bisher annahm, Bildung von Kavernen vorkommt. Sie sind meist nur durch die Röntgenuntersuchung nachzuweisen, weil sie vom normalen Lungengewebe umgeben sind und keinen größeren Luftgehalt besitzen. Demgemäß sind sie zu erkennen besonders durch ihren ringförmigen bzw. ovalen, meist schmalen Schattenstreifen an der Peripherie.

Aßmann betont, daß es Fälle, allerdings selten, gibt, in denen das Röntgenverfahren alle anderen Untersuchungsmethoden an Wichtigkeit weit überragt; als Beispiele bringt er Fälle von akuter peribronchitischer Lungentuberkulose, von Bronchialdrüsentuberkulose der Kinder und solche tuberkulöse Veränderungen, welche sich wegen Emphysem oder Starrheit des Thorax dem physikalischen Nachweis entziehen.

Daß der Röntgendiagnostiker sehr kritisch und vorsichtig sein muß in der Deutung von Schattendifferenzen tieferliegender Partien, ist gewiß und geschieht auch; denn wir wissen, daß Bronchialknorpel, Bronchiektasien gleichfalls Schattendichten und Schattenhellen geben, daß ferner auch das gesunde Lungengewebe durch den Thorax hindurch nicht in immer ganz gleichmäßiger Helle, sondern oft fleckig erscheint.

Doch schreitet unsere röntgendiagnostische Tüchtigkeit auch hier unentwegt vorwärts. Ich erinnere hier an die Beobachtungen von Stuertz, die er in trefflichster Prägnanz beschrieben hat. Er betont u. a.: „Das fleckige Bild ist für die Tuberkulose spezifisch, und man kann aus der Art der Flecken im Lungenfeld erkennen, ob es sich um eine zur Einschmelzung neigende, bösartige Lungentuberkuloseform handelt oder um eine gutartigere, mehr zu Bindegewebsbildung und Vernarbung neigende Form, d. h. um trockne oder bereits vernarbte und abgeheilte Tuberkulose.

Die zur Einschmelzung und zum Gewebszerfall neigende Form ist charakterisiert durch weiche Fleckelung, durch verschwommene, unscharf begrenzte Flecken, ähnlich aufgestreuten Watteflocken.

Die trockene Form zeigt auf der Röntgenplatte scharf begrenzte, mehr körnige Flecken von Hirse- bis Reiskorn-, Erbsen- und Bohnengröße, sowie durch verbindende, mehr oder weniger scharf begrenzte Stränge und Züge.

Die Miliartuberkulose macht ein aufgequollenen Sagokörnern gleichendes Bild. Die weich begrenzten Körner sind alle fast gleich groß und über das ganze Lungenfeld gleichmäßig verteilt."

(Man soll besonders an Anthrakosis denken, welche, besorders im Oberlappen lokalisiert, die gleichen Flecken macht wie die trockene bzw. abgeheilte Tuberkulose.)

Stuertz weist mit Recht auf den hohen prognostischen Wert solcher exakten Röntgenbefunde hin.

Auf einen Punkt wollen wir noch hinweisen. Da die Röntgenschatten in den Lungenbildern sehr häufig eine genauere Tiefenlokalisation nicht zulassen, so haben sich besonders Alban Köhler und Wenckebach-Groningen entschieden für die stereoskopische Röntgenographie ausgesprochen. Letzterer hebt unter anderem hervor:

„Bei beginnender Lungentuberkulose leistet die steroskopische Methode sehr viel zur Erkennung und Differenzierung kleinster pathologischer Veränderungen und zu ihrer Lokalisation in den Lungen.

Bei schwereren Formen von Lungentuberkulose leistet die stereoskopische Methode weit mehr als das Einzelplattenverfahren, zur Diagnose von Kavernen, Schwarten und Infiltrationen.

Die Differentialdiagnose und die Lokalisation von Tumoren, Aneurysmen, zirkumskripten Schwarten und Exsudaten läßt sich mit Hilfe des stereoskopischen Verfahrens leicht machen.

Bei offenem und geschlossenem Pneumothorax gibt die stereoskopische Methode einen bis jetzt ungeahnten Einblick in die anatomischen Verhältnisse von Lungen, Brustkorb und Exsudat."

Seine Ausführungen hat Wenckebach durch vorzüglichste Stereoskopaufnahmen bekräftigt, und die Zukunft wird ihm dank der heutigen Momenttechnik sicher recht geben.

Wie schon hervorgehoben, kann ich, dem Zweck dieses Buches entsprechend, nicht auf alle einzelnen sonstigen Lungenkrankheiten eingehen, ich will nur noch auf die Röntgendiagnose der Lungengeschwülste hinweisen und mit den Worten von Otten schließen: Das Röntgenverfahren gibt uns von der Ausbreitung und dem Sitz einer Lungengeschwulst ein weit genaueres Bild, als es irgend eine andere Untersuchungsmethode zu geben vermag; mit Hilfe des Röntgenverfahrens sind wir ferner imstande,

weit früher eine Lungenneubildung zu erkennen, und in zweifelhaften Fällen eine Entscheidung sicherer zu treffen, als es mit den anderen diagnostischen Hilfsmitteln möglich ist.

Herz, Aorta und Blutgefäße.

Über das normale Bild des Herzens und die normalen Bewegungserscheinungen haben wir bereits eingehend berichtet. Die verschiedensten krankhaften Zustände sind nun beobachtet und beschrieben worden. Zuerst ein Wort über die Prüfung des perkutorischen Befundes. Gerade beim Herzen spielt ja die Größe und eventuelle Verlagerung eine wichtige Rolle; bei keinem anderen Organ gibt uns die Durchleuchtung so genauen Aufschluß. Wir müssen uns nur exakt an die früher gegebenen Vorschriften halten (vgl. Teleröntgenographie Köhler S. 214 ff.).

Am besten verfährt man nach der von Kreuzfuchs angegebenen Methode, die auf die einfachste Art auszuführen ist und zugleich eine wertvolle Herzmessung ergibt.

In der Mittellinie des Körpers wird sowohl am Sternum als auch am Rücken je ein Bleidraht vertikal mit Heftpflaster fixiert, dann wird der zu Untersuchende zwischen Röhre und Schirm so postiert, daß der Rücken der Röhre zugewandt ist, und daß die Bleidrahtschatten zusammenfallen — Kontrolle mit schmalem, vertikalem Schlitz der Blende. Hierauf wird die Röhre so eingestellt, daß bei entsprechender Verengerung der Blende in vertikaler Richtung der obere Blendenrand in der Höhe der Lungenspitzenkuppen, der untere Rand in der Höhe der rechten Zwerchfellkuppe zu liegen kommt. Nach Öffnung der Blende, so daß der ganze Thorax übersehen werden kann, werden die Umrisse des Herzschattens und des Thorax, sowie die Mittellinie des Körpers auf das Deckglas des Schirmes gezeichnet. Damit ist die Untersuchung fertig. Die Ausmessung erfolgt auf der abgepausten[1]) Zeichnung. Es hat sich als praktisch herausgestellt, die Ausmessung folgendermaßen vorzunehmen. In der Höhe des rechten Zwerchfellherzwinkels wird eine den rechten und linken Thoraxrand — die Aufzeichnung des Thoraxrandes erfolgt mitten durch den Rippenschatten zwischen äußerem und innerem Kontur — verbindende, zur Mittellinie senkrechte Gerade gezogen. Dann werden sowohl vom rechten Herzrand als auch von der Herzspitze Senkrechte zu dieser Geraden errichtet. Bei der Ausmessung gewinnen wir folgende Größen: 1. Thoraxbreite, 2. Rechtsdistanz des Herzens, 3. Transversaldurchmesser des Herzens, 4. Linksdistanz des Herzens.

Kreuzfuchs konnte nun feststellen, daß zwischen diesen Größen

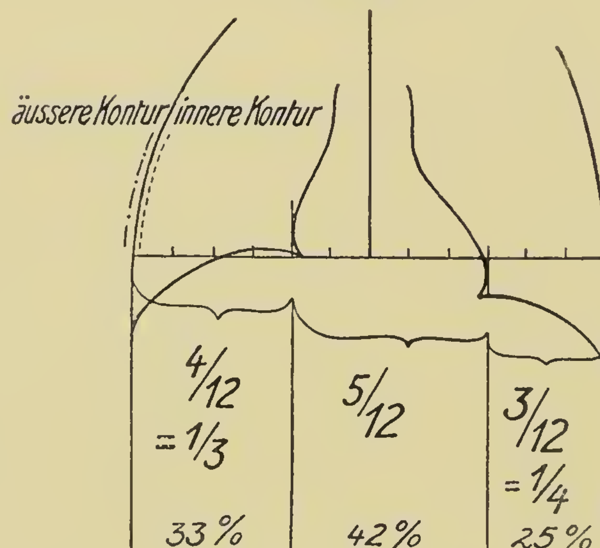
[1]) Pauspapier mit Zentimetereinteilung nach Strauß. Zu beziehen von der Sanitas, Elektr. Gesellsch. in Berlin.

unter physiologischen Bedingungen gesetzmäßige Verhältnisse bestehen. Nehmen wir die Thoraxbreite als Einheit an, dann beträgt die Linksdistanz $^3/_{12}$, die Rechtsdistanz $^4/_{12}$, der Transversaldurchmesser des Herzens $^5/_{12}$ dieser Einheit.

Die Methode Kreuzfuchs ist fast unabhängig von dem Fokusabstand. Wählt man einen Abstand von mindestens 1,5 m, so hat man neben dieser relativen Herzmessung gleichzeitig eine recht genaue objektive. Strauß empfiehlt deshalb analog Köhler, Albers-Schönberg und anderen die Herzfigur in Systole und Diastole, das Zwerchfell in In- und Exspirium auf die den Schirm deckende Glastafel aufzuzeichnen, die Figur auf das Zentimeterpauspapier zu übertragen und die Medianabstände direkt abzulesen.

Besonders wichtig ist diese Untersuchung gegenüber der Perkussion in solchen Fällen, wo das Herz von der vorderen Brustwand abgedrängt

Fig. 241.



liegt und von der Lunge überlagert ist, also beim Emphysem, oder besonders dann, wenn z. B. bei querverengtem Thorax (Rachitis) das Herz die ganze Quere des vorderen Thoraxraumes fullt und rechts wie links seitenständig eine bedeutend zu große perkutorische Dämpfungsfigur geben muß (vgl. Teleröntgenographie Köhler S. 214 ff.).

Über die von Moritz in die Praxis eingeführte exakte Herzmessung mittels der Meß- und Zeichenapparate habe ich bereits (S. 209 ff.) genauestens berichtet.

Moritz führt hierüber in einer seiner Arbeiten[1]) sehr treffend und beschreibend aus:

„Um den vollen Gewinn aus solchen Orthodiagrammen ziehen zu können, genügt es nicht, die bloße Umrißfigur des Herzens aufzuzeichnen. Es ist vielmehr auch nötig, die Herzfigur in ihrer

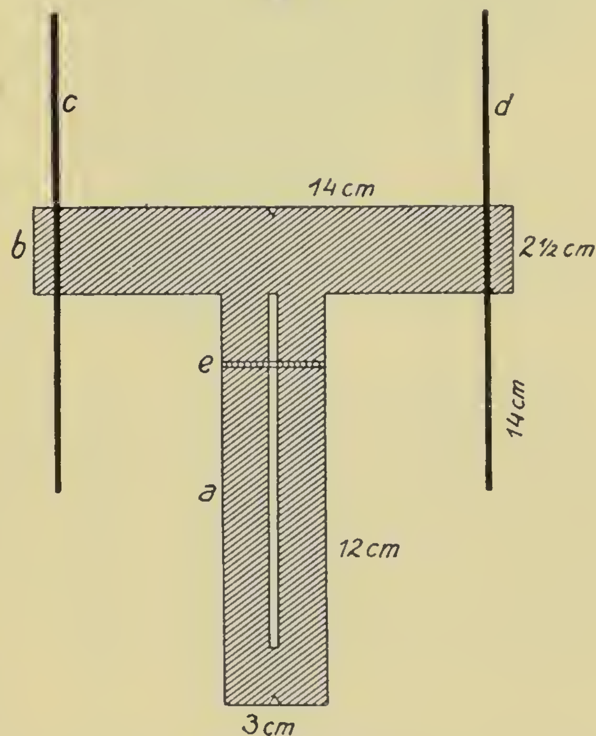
[1]) Münchner med. Wochenschr. 1902, Nr. 1.

richtigen Lage zu bestimmten Orientierungspunkten des Thorax darzustellen.

Wir nehmen daher in das Orthodiagramm fast immer auch noch die Mittellinie des Thorax, den Rippenbogenwinkel, die Mammillen, den perkutierten rechten unteren Lungenrand, die Stelle des Spitzenstoßes sowie die Konturen des vorderen Rippenskelettes auf, soweit sie für die Herzfigur in Betracht kommen . . .“

Zur exakten Darstellung der Mittellinie im Orthogramm empfiehlt Achelis den von Moritz hergestellten und in Fig. 242 abgebildeten Hilfsapparat. Er wird so auf die Brust des Patienten aufgelegt resp. mit Heftpflaster fixiert, daß der schmale Schlitz im Längsstreifen a des aus Blech hergestellten T-Stückes die vorher mit Blaustift auf die Brust gezeichnete Mittellinie durchscheinen läßt. Beim Orthoröntgenographieren erscheinen dann die an den Enden des Querstreifens b senkrecht angebrachten Drahtstangen c und d sehr deutlich in den hellen Lungenfeldern. Eine der Stangen, am besten die rechte, wird zuerst in das Orthoröntgenogramm eingezeichnet. Die betreffenden Punkte fallen so weit außerhalb und oberhalb der Herzsilhouette, daß sie nicht stören und zu Verwechslungen Anlaß geben. Dann kann der Apparat entfernt und die Aufnahme des Herzens usw. sofort angeschlossen werden. Im fertigen Orthogramm wird zur Einzeichnung der Mittellinie die Seitenstange des Apparates wieder auf die entsprechenden Punkte aufgelegt und die Mittellinie durch einen Bleistiftstrich im Verlauf des Längsschlitzes gewonnen.

Fig. 242.



Moritz schildert nun sein Vorgehen wie folgt:

„Wir zeichnen die genannten Merkpunkte und Konturen des Thoraxskelettes in liegender Stellung des Patienten, d. h. in genau derselben Stellung auf die Brustwand auf, in der dann auch die Projektion der Herzsilhouette erfolgt. Diese erscheint gemäß der Einrichtung der am Orthodiagraphen befindlichen Zeichenvorrichtung in Form farbiger, meist roter (rote Tinte) Tupfen auf der Brustwand. Dann wird, immer noch in derselben liegenden Stellung des Kranken, die Glastafel horizontal der Brustwand angelegt und die maßgebenden Punkte durchvisiert und aufgetragen (mit Tinte oder mit Fettstift). Von hier wird dann die Zeich-

nung auf Pauspapier übertragen. Die Silhouette der Vorderfläche des Herzens kommt bei der orthodiagraphischen Aufnahme nicht ohne weiteres ganz zum Vorschein. Ihr unterster Teil bleibt in der Regel im Schatten des Zwerchfells verborgen. Es ist dies aber in der Regel nur eine ganz kleine Partie, so daß man aus der Krümmung, welche die Herzspitze auf der einen und der rechte Vorhof auf der anderen Seite nimmt, unschwer den Verlauf des unteren Herzrandes entnehmen und durch Konstruktion ergänzen kann. Es gelingt übrigens meistens auch durch den Zwerchfellschatten hindurch links die ganze Umbiegung der Herzspitze zu erkennen, so daß der Verlauf des unteren Herzrandes unmittelbar gegeben ist. Fast vollständig entblößt sich die Herzsilhouette bei Inspirationsstellung des Thorax, bei der die Zwerchfellkuppe nach unten tritt und sich so von der Herzsilhouette zurückzieht."

Fig. 243.



Schattensilhouette eines Herzens bei vertikaler Körperstellung von Moritz[1]). Man sieht auf der linken Seite das Zwerchfell als schmales, nach oben konvexes Band von dem lufthaltigen Magen sich abheben. Dicht unter dem Zwerchfell zieht medianwärts im Herzen ein Schatten hin, der für den unteren Herzrand gelten könnte. Es reicht aber in der Fortsetzung des linken Herzrandes ein sehr schwacher pulsierender Schatten noch weiter unter das Zwerchfell herab, der der Herzspitze angehört. Dieser Schatten kann in Wirklichkeit noch schwächer sein, als er hier auf der Zeichnung angegeben wurde ($^1/_3$ der natürl. Größe).

Um die Aufnahme der Herzspitze zu erleichtern, empfiehlt Achelis nach dem Vorschlage von Moritz, dem Patienten, der mit leerem Magen zur Untersuchung kommt, unmittelbar vor Aufnahme des Orthogramms 4 g Acid. tartar. gelöst in $^1/_2$ Glas Wasser zu geben, und darauf 2 g Natr. bicarb. als Pulver in Oblate (eventuell gibt man zwecks noch größerer Aufhellung nachträglich nochmals 1—2 g Natr. bicarb.).

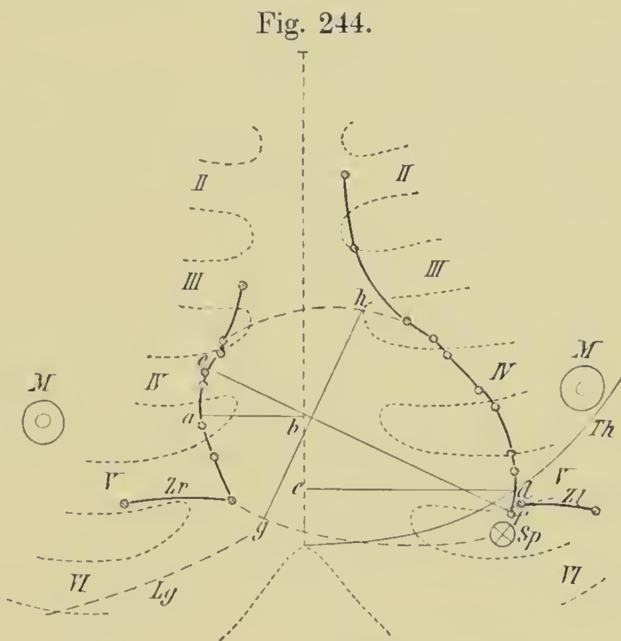
Da man nun nach dem Krümmungsverlauf des linken und rechten Herzrandes nach oben auch die Abgrenzung des Herzens von den großen Gefäßen (Cava superior, Aorta, Pulmonalis) mit genügender Sicherheit vornehmen kann, so erhält man auf dem Orthodiagramm dergestalt schließlich ein Bild von der ganzen Vorderfläche des Herzens.

„An der Vorderfläche des Herzens pflegen wir folgende Abmessungen festzustellen (Fig. 244): 1. größte

[1]) Deutsches Archiv f. Klinische Medizin, Bd. LXXXII.

Entfernung des rechten Herzrandes von der Mittellinie (‚Medianabstand rechts'); 2. größte Entfernung des linken Herzrandes, d. i. der Herzspitze von der Mittellinie (‚Medianabstand links'); 3. größter Längsdurchmesser vom oberen Teil des rechten Herz-

Fig. 244.



II, III, IV etc. = 2. 3. 4. Rippe.
M = Mammilla.
Lg = perkutierte untere Lungengrenze.
Zr = Zwerchfellstand rechts.
Zl = Zwerchfellstand links.
Th = cyrtometrische Thoraxkurve.
Sp = Spitzenstoß.
ab = Medianabstand rechts.
cd = Medianabstand links.
ef = Längsdurchmesser.
gh = Querdurchmesser.

randes (in der Regel in der Höhe der 4. Rippe) nach der Spitze ziehend; 4. größter Querdurchmesser, von rechts unten nach links oben ziehend. Er stellt meist die Breite des rechten Ventrikels dar. Diese Abmessung, die in der Regel von dem konstruierten unteren zu dem konstruierten oberen Herzrand zieht, leidet an einer gewissen

Erwachsene gesunde Männer (von 17 bis 56 Jahren).

Körpergröße		Medianabstand rechts cm	Medianabstand links cm	Längsdurchmesser cm	Querdurchmesser cm	Oberfläche qcm
153—157 cm	Durchschnitt	4,4	7,9	13,0	10,2	98
	Maximum	4,8	8,0	13,5	10,5	100
	Minimum	4,0	7,8	11,5	10,0	80
161—169 cm	Durchschnitt	4,4	8,3	13,4	10,5	102
	Maximum	5,0	9,3	14,5	10,8	108
	Minimum	3,5	7,5	12,8	9,0	87
171—178 cm	Durchschnitt	4,6	8,8	14,0	10,3	109
	Maximum	5,9	9,7	15,3	11,0	126
	Minimum	3,0	7,8	12,5	9,0	92

Unsicherheit; 5. gesamte Oberfläche in Quadratzentimetern. Sie wird bestimmt, indem eine Pause der Vorderfläche mit Hilfe von quadriertem Papier ausgezählt wird. Meist haben wir den rechts und den links von der Mittellinie gelegenen Teil der Vorderfläche gesondert ausgezählt. Durch diese Ausmessungen ist die Herzgröße vollständig bestimmt."

Die vorhergehende Tabelle entstammt ebenfalls der kritischen Arbeit von Moritz und gibt uns einen exakten zahlenmäßigen Aufschluß über die Maße am normalen Herzen; auf diese Weise haben wir stets ein Vergleichschema für pathologische Herzgrößenverhältnisse zur Hand.

„Es ist ersichtlich, wie es auch von vornherein anzunehmen war, daß die Herzmaße mit der Körpergröße wachsen. Jedoch ist dies nur in relativ geringem Grade der Fall, so daß die Maxima bei den kleineren Leuten über die Maxima bei den größeren hinübergreifen."

„Derartige genaue Daten über die Größenverhältnisse des Herzens lebender Menschen zu besitzen, hat einen großen Reiz, und fortlaufende Untersuchungen über das Wachstum des Herzens im Vergleich zum übrigen Wachstum, sowie über den eventuellen Einfluß, den Krankheiten, langdauernde Anstrengungen, Schädigungen verschiedener Art auf die Herzgröße ausüben, werden sicherlich noch manches Interessante zutage fördern. Auch glaube ich, daß die orthodiagraphische Herzbestimmung für Lebensversicherungsfragen, unter Umständen auch für militärärztliche und ähnliche Zwecke Bedeutung bekommen wird."

Ich habe schon früher darauf hingewiesen, daß für die normalen und pathologischen röntgenoskopischen Herzstudien die Untersuchungen von Benedikt, Cowl, Grunmach, Levy-Dorn, Rosenfeld grundlegend gewesen sind und bleiben. Wir dürfen das nicht vergessen! Und ich will auch an dieser Stelle noch einmal auf das vorzügliche Buch von Holzknecht[1]) aufmerksam machen sowie auf die Arbeiten von Albers-Schönberg, Arnsperger, de la Camp, v. Criegern, Determann, Dietlen, Hofmann, Kienböck, Köhler, Krause, Kreuzfuchs, Rieder und v. Ziemssen, Weinberger usw.

Die Schwierigkeit in der Bestimmung der Herzspitze hatte Benedikt bereits 1897 besonders hervorgehoben, z. B. wenn ein dickes Fettpolster der Brustwand aufliegt, oder wenn die Herzspitze tief herabsinkt und ins Zwerchfell eingesenkt ist.

Wichtig ist, daß man die Seitenverdrängung des Herzens auf dem Schirm kontrollieren resp. konstatieren kann, so bei einseitigen Pleuraexsudaten, bei pleuritischen Verwachsungen und Schrumpfungsprozessen.

[1]) Die röntgenologische Erkrankung der Brusteingeweide, Hamburg 1901, Lucas Gräfe & Sillem.

Wie wichtig für die Differentialdiagnose das Röntgenbild sein kann, hat Rosenfeld bei einem Falle klinisch feststehender Dextrokardie gezeigt. Der Spitzenstoß war in der Gegend der rechten Mammilla zu sehen und zu fühlen. Bei der Durchleuchtung ließ sich das Herz genau überblicken, die Herzspitze lag im Gegensatz zum klinischen Befunde deutlich an der linken Parasternallinie; die Rechtslagerung hatte nur auf Kosten pleuritischer Zerrungen stattgefunden. Im Gegensatz hierzu haben Vehsenmeyer, Petit, Kraft, Schlesinger wirkliche Fälle von kongenitaler Dextrokardie mitgeteilt. Alle anderen Organe waren normal gelagert. Beck und andere brachten auch Röntgenogramme von Patienten mit einem kompletten Situs viscerum inversus.

Vergrößerungen des Herzens können wir, wie sich aus dem Vorhergehenden von selbst ergibt, bestimmen; und zwar ist es möglich, selbst die Zunahme einzelner Teile zur Anschauung zu bringen. Bei Vergrößerung der linken Hälfte reicht der Herzschatten mehr oder weniger nahe an die Axillarlinie heran. Öfters sinkt dann die Herzspitze nach unten. Findet man die linke Seite fast lotrecht stehen, so muß man mit Benedikt auf Elastizitätsverlust der Aorta schließen. Bei Vergrößerung des rechten Herzens überragt der Herzschatten die rechte Parasternallinie, und das Herz sinkt nach hinten. Es liegt dann dem Zwerchfell mit seinem Längsdurchmesser eventuell in ganzer Ausdehnung auf, so daß man auch einen Elastizitätsverlust der Arteria pulmonalis annehmen muß. Grunmach fand in Fällen von Chlorose, wo nach der Perkussion eine Vergrößerung des Herzens in toto angenommen wurde, diese eben geschilderte Verlegung des Herzens bei Hochstand des Zwerchfells, ohne daß eine tatsächliche Dilatatio cordis vorhanden war. Nach Eisenpräparaten wurde der Zwerchfellstand besser und das Herz richtete sich gleichzeitig mehr auf. Mit der seitlichen Durchleuchtung kann man eventuell das Bild noch klarer gestalten.

Des weiteren können wir auch die Kontraktionen des Herzens beobachten und die Beschleunigung und Verlangsamung des Pulses direkt am Herzen ablesen und den Rhythmus des Pulses durch das Auge kontrollieren. Grunmach sah in Fällen von Myokarditis mit Pulsus alternans gleichmäßig starke mit schwachen Herzkontraktionen wechseln, bei Pulsus bigeminus periodisch zwei ziemlich schnell aufeinander folgende, relativ kurze und gleich starke Kontraktionen, die von einer langen Pause gefolgt waren. Ferner konnte derselbe Forscher bei anderen Herzerkrankungen neben normalen, kräftigen Kontraktionen schwache flatternde Bewegungen des linken Ventrikels beobachten, in einem Fall von Myokarditis mit Arhythmia cordis sah er, daß sich die Herzspitze häufiger zusammenzog, als Pulse fühlbar waren. In demselben Falle ergab die wiederholte Röntgenuntersuchung nach Digitalisgaben, daß die Herz- und Pulsverhältnisse mehr und mehr zur Norm zurückkehrten. Wir sehen

hieran, daß man sich durch den Augenschein von den Wirkungen unserer Arzneigaben überzeugen kann.

Nachdem ferner bewiesen ist, daß das Herz normalerweise nur mit einem Teile seiner Kraft zu arbeiten braucht, so erklärt es sich nach Benedikt, daß zurückbleibende Klappenfehler oft recht gut ertragen werden, wenn nur die Herzkraft nicht geschädigt ist. Wie Benedikt weiter sah, daß nach Faradisation der Herzgegend bedeutend kräftigere Zusammenziehung und Erweiterung des Herzens eintrat, so konnte Schott durch die Röntgenographie und noch besser auf dem Schirm die günstige Wirkung des Bades und der Gymnastik bei Herzkranken demonstrieren. Jedesmal verwandelte sich die breitgezogene Form des Herzens zu einer schmäleren, gleichsam von beiden Seiten zusammengedrückten Form.

Während Schott ferner nach Ringversuchen kerngesunder Knaben und an Radfahrern bei einmaligen Überanstrengungen akute Herzvergrößerung durch Röntgenbilder festgestellt hatte, haben eine große Anzahl anderer Forscher, von denen ich nur de la Camp, Dietlen, Moritz und Kienböck nenne, unzweifelhaft nachgewiesen, daß sich im Gegenteil bei ihren Untersuchten teilweise eine Verkleinerung des Herzens orthoröntgenographisch feststellen ließ. Und der Schlußsatz von de la Camp besteht zu Recht, daß es infolge maximaler Körperanstregung nur dann zur akuten Dilatation des Herzens kommt, wenn der Herzmuskel ernstlich erkrankt ist.

Daß dagegen chronische Überanstrengungen auch das gesunde Herz vergrößert zeigen, daß ferner kranke Herzen eventuell auch eine akute Dilatation aufweisen können, dagegen erhebt sich kein besonderer Widerspruch; hierüber liegen einwandfreie Röntgenuntersuchungen vor, desgleichen darüber, daß akute Infektionskrankheiten eine vorübergehende Herzdilatation erzeugen können.

Auf die interessanten Röntgenbilder bei angeborenen Herzfehlern und bei allen sonstigen Herzklappenfehlern kann ich hier nicht näher eingehen. Ich verweise auf die sorgsamen Untersuchungen und instruktiven Abbildungen in der ausführlichen Arbeit von Groedel[1]) (Fig. 245).

Eng im Zusammenhang hiermit stehend und gleichzeitig von höchster Wichtigkeit ist es, daß wir uns über Mediastinaltumoren und Aneurysmen der Aorta in früher nicht geahnter Weise orientieren können. Zahlreiche einschlägige Beobachtungen liegen vor.

Daß wir bei einer Reihe von Patienten, vor allem bei schmächtigeren,

---

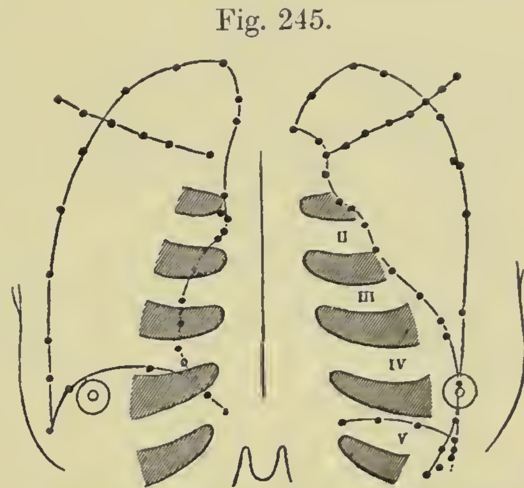
[1]) Franz M. Groedel, Die Röntgenuntersuchung des Herzens in seinem schon genannten Atlas, München 1909, Verlag von J. F. Lehmann, und

Die Röntgendiagnostik der Herz- und Gefäßerkrankungen, Berlin 1912, Verlag von Hermann Maußer.

die Pulsation der Aorta oberhalb des Herzens bei der Ansicht von hinten besonders deutlich erkennen, habe ich bereits erwähnt.

Holzknecht hebt gleich v. Criegern hier die diagonale Durchleuchtung als äußerst instruktiv hervor, und zwar besonders die von ihm als erste schräge bezeichnete (von links hinten nach rechts vorn, von rechts vorn nach links hinten). Er präzisiert seine Ausführungen folgendermaßen: „Ein vom Herzschatten abgehendes, 1. in Halblinksstellung (45° zwischen Sagittalebene und Strahlenrichtung) sichtbares, 2. von der Wirbelsäule durch einen hellen Streif getrenntes, 3. überall gleich breites, 4. nach beiden Seiten und zwar 5. mit dem Herzen alternierend pulsierendes, 6. intensiv dunkles Schattenband, 7. dessen oberes Ende abgerundet ist und 8. allseitig, auch nach oben pulsiert, 9. noch dunkler als das übrige Band ist und 10. etwas unter der Höhe der Artic. sternoclavicularis und des dritten Brustdornes liegt; dieses so beschaffene Schattenband, dessen Bild 11. bei Gesunden konstant ist, kann nur die Projektion der Aorta ascendens und des Bogens sein.“ (Vgl. S. 274, 275.)

Fig. 245.



Mitralinsuffizienz. Starke Dilatation des Herzens. Das linke Lungenfeld dadurch erheblich verkleinert (nach Moritz). (Verkleinerung 1/6.)

In den Fällen von größeren und geringeren Ausbuchtungen der Aorta ergibt sich dann auf dem Schirmbild, daß der Schatten derselben das Manubrium sterni mehr oder weniger nach links überragt. Was nun die Pulsation und ihre Betrachtung anlangt, so führte Levy-Dorn schon 1897 auf dem Kongreß für innere Medizin aus, daß mit der Feststellung einer pulsierenden Geschwulst die Diagnose noch nicht differentialdiagnostisch zwischen Aneurysma und solidem Tumor gesichert sei. Auch die der Aorta anliegenden oder mit ihr verwachsenen soliden Tumoren können Pulsation zeigen, resp. vortäuschen. Eine einfache Hebung und Senkung des ganzen Organs, die bei einer Neubildung stattfindet, von einer wirklichen Pulsation, d. h. einer pulsatorischen Ausdehnung nach allen Seiten zu unterscheiden, ist eben nicht immer möglich.

Aber selbst eine Pulsation nach allen Seiten kann, wie Levy-Dorn ausführt, von einem soliden Tumor vorgetäuscht werden. Denn durch das Heben wird der Tumor der Brustwand genähert und muß dadurch allseitig kleiner projiziert werden als vorher, während bei der Systole der Aorta der Tumor von der Brustwand entfernt wird und dadurch auf dem Schirm größer erscheint. Diese scheinbare Pulsation des Tumors ist nun allerdings derjenigen der Aorta entgegengesetzt. Durch

gleichzeitiges Betrachten und Vergleichen von Tumorbewegung und linkem Ventrikel, welcher ungefähr die gleiche Pulsationsphase wie die Aorta hat, aber besser in die Augen fällt, muß man jene Bewegungserscheinungen auseinander halten.

Auch Holzknecht widmet dieser differentialdiagnostisch so schwierigen Schattendeutung eingehende Worte, und resümiert schließlich: Aneurysmaschatten zeigen herzsystolische, bald einseitige, bald mehrseitige Pulsation auf der ganzen Oberfläche oder an einzelnen oft wenigen Stellen. Selten fehlt die Pulsation ganz. Die dilatatorische Pulsation muß mindestens zwei verschiedene Stellen eines nachweislich einheitlichen Schattenkomplexes, also auf derselben Seite des Mittelschattens betreffen und kann dann fast als pathognomisch betrachtet werden.

Leichte Ausbuchtungen vom Arcus aortae konnte Levy-Dorn sowie andere bei einer großen Anzahl von Patienten konstatieren, ohne daß dieselben Beschwerden davon gehabt hätten. Man muß wohl dem Verfasser beipflichten, wenn er diese erweiterten Teile der Aorta für Loci minoris resistentiae und für die ersten Anlagen eines typischen Aneurysmas anspricht. Fälle von Dilatatio aortae ascendentis verbunden mit Arteriosklerose hat Grunmach schon 1897 beschrieben.

Mit unseren bisherigen Methoden, darin sind wohl alle Forscher einig, waren jedenfalls die Aneurysmen meist einer sicheren Diagnose unzugänglich, ganz besonders in ihren Anfangsstadien. Wir sind demnach in der Lage, klinisch diagnostizierte Aneurysmen einer gewissen Inspektion zu unterziehen; wir können den Sitz, die Form und die Größe der Erkrankung bestimmen. Dazu kommt, daß wir die Größe in verschiedenen Zeiträumen kontrollieren und uns so überzeugen können, ob unter einer bestimmten Lebensweise ein Stillstand eingetreten ist, oder ob eine fortschreitende Erweiterung stattgefunden hat. Für unsere Therapie ergeben sich daraus gute und klare Fingerzeige. Aber nicht allein für diagnostizierte, sondern gerade für unklare Fälle, wo besonders markante Symptome fehlen, wo Auskultation und Perkussion im Stich lassen, wirkt die Röntgendurchleuchtung erweiternd und aufklärend.

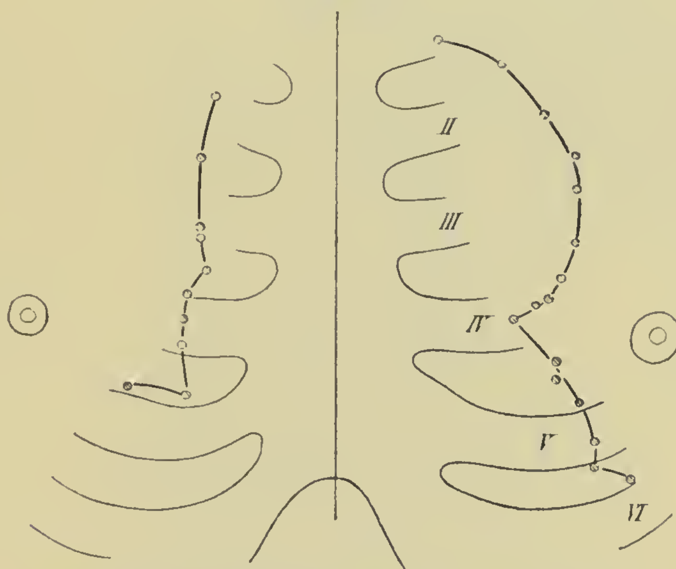
Daß damit die Fehldiagnosen für die Zukunft verschwänden, davon kann gar keine Rede sein. Gerade die Deutung der Schatten in der weiten Tiefe des Thorax erfordert größte Röntgenschulung, und wir wollen immer wieder betonen, daß die Röntgenbefunde und die klinischen Befunde Hand in Hand zu gehen und der Diagnose als Grundlage zu dienen haben.

Wie Groedel, Schwarz und Rieder ring- und strangartige, den linken Ventrikel umfassende Kalkablagerungen am Herzen nachweisen konnten, so hat Köhler Kalkplatten am Aortenbogen röntgenographiert.

Eine Erweiterung der Pulmonalarterie, wie sie Zinn und Weinberger im Röntgenbilde gesehen und auf dem Sektionstisch bestätigt gefunden haben, sowie ähnliche Befunde von de la Camp beweisen, daß, wenn die klinischen Zeichen für die Aorta sprechen, man auf ein Aneurysma der Aorta aus dem Röntgenbild zu schließen hat; weisen dagegen die klinischen Erscheinungen zwingend auf die Pulmonalarterie, auf das rechte Herz hin, so wird man mit demselben Rechte eine Erweiterung, also einen größeren Schatten, an jener Stelle auf die Pulmonalis beziehen.

In dem Falle von Zinn stimmte nun der Röntgenbefund mit der klinischen Diagnose eines angeborenen Herzfehlers überein. Die durch das Offenstehen des Ductus Botalli bedingte Erweiterung der Pulmonal-

Fig. 246.



Aneurysma der Aorta descendens. Blasige Form.

arterie konnte durch die Perkussion und durch die Röntgenstrahlen erkannt werden.

Weinberger weist gleichfalls darauf hin, daß die Erweiterung der Pulmonalarterie durch genaue diagnostische Erwägungen festgestellt werden müsse, um dann an dem wesentlich vergrößerten, gegen das linke Lungenfeld ausladenden Schatten im zweiten Interkostalraum dem beobachtenden Auge deutlich zu werden. Zu gleichen Resultaten kam Grunmach; er hat auch ein Aneurysma der Aorta abdominalis gesehen.

Die Fig. 246 stellt ein Aneurysma der Aorta descendens, blasige Form nach Moritz, dar.

Zum Schluß dieses Kapitels wollen wir noch der Arteriosklerose einige Worte widmen. Es lag ziemlich nahe und war doch überraschend, als Hoppe-Seyler die erste diesbezügliche Mitteilung brachte. Die Kalkeinlagerungen in der Gefäßwandung lassen die Strahlen nicht gut

Fig. 247.



Arteriosklerose.

Das sonst normale Kniegelenk präsentiert sich in außerordentlicher Klarheit; hinten sieht man durch den Schatten der Weichteile und der Knochen die Arteria poplitea stark verkalkt herabziehen. Nach allen Seiten gehen noch kleinere sklerosierte Gefäße ab. Der scharfe Condylusschatten repräsentiert den Condylus externus femoris, entsprechend seinem Aufliegen auf der photographischen Platte, der größere ihn umgebende Schatten stellt den Condylus internus vor. Auch das Ligamentum patellae proprium ist gut zu sehen.

durchdringen und markieren sich somit auf dem Schirm und der Platte hell, auf der Kopie dunkel. Bald sieht man das ganze Gefäß dunkler, bald nur die Ränder als dunklere Streifen, zwischen sich eine hellere Zone lassend. Das Vollkommenste in dieser Beziehung haben jedenfalls die von Opitz hergestellten Röntgenogramme gezeigt (Fig. 247). Er konnte sogar die Verkalkung der großen Beckengefäße zur Darstellung bringen, wie sie Kümmell auf dem Chirurgenkongreß 1897 demonstrierte.

Seit langen Jahren habe ich der Arteriosklerose meine besondere Aufmerksamkeit bei Untersuchungen von Fußbeschwerden gewidmet. Danach sind wir heute bei sorgsamer Technik (Fixation, ganz weiche Röhre) immer imstande, selbst nur einzelne kalkhaltige Einlagerungen im Bereiche der Fußarterien im Röntgenbild darzustellen.

Ebenso sind die Kalkeinlagerungen in Venen (Phlebolithen) auf Röntgenbildern sehr deutlich. Albers-Schönberg hat besonders darauf hingewiesen, daß diese am häufigsten Veranlassung gegeben haben zu Verwechslung mit Nieren- und besonders Harnleitersteinen. Hierfür haben Fraenkels diezbezügliche Untersuchungen an Leichenteilen (Uterus und Adnexe) schließlich den anatomischen Beweis einwandfrei erbracht.

B. Röntgentherapie.

I. Allgemeiner Teil.

Physiologische und pathologische Wirkungen der Röntgenstrahlen.

In seiner ersten Veröffentlichung sagte Röntgen: „Die Retina des Auges ist für unsere Strahlen unempfindlich; das dicht an den Entladungsapparat herangebrachte Auge bemerkt nichts, wiewohl nach den gemachten Erfahrungen die im Auge enthaltenen Medien für die Strahlen durchlässig genug sein müssen.“ Bald wurden genaue Untersuchungen über diesen wichtigen Punkt angestellt, die den Satz von der Unsichtbarkeit im feineren Sinne umstießen. G. Brandes und E. Dorn legten bereits im Mai 1896 der Akademie der Wissenschaften in Berlin ihre diesbezüglichen Resultate vor. Sie haben mit Sicherheit festgestellt, daß sowohl anomale, z. B. linsenlose, als normale Augen eine Lichtempfindung durch die Röntgenstrahlen empfangen.

Röntgen hat dann selbst berichtet, daß die X-Strahlen in der Netzhaut des Auges einen Lichtreiz auslösen können; er teilt auch eine Versuchsanordnung mit, vermittels deren man jederzeit die Probe machen kann. Cowl und Levy-Dorn haben allerdings die Resultate von Brandes und Dorn nicht bestätigen können, doch kommen auch sie zu dem Schluß, daß der Sehnerv in einigen ihrer Versuche einem objektiven Reiz ausgesetzt war. Ähnliches berichtet Harrison, doch gelten seine Versuche als nicht ganz einwandfrei. Er behauptet nämlich, er könne sogar kleine Metallgegenstände, die dicht vor dem Auge hin und her bewegt wurden, sehen; die Schatten schienen sich in entgegengesetzter Richtung zu bewegen, und zu vergrößern, wenn er sich mit dem Auge von den Gegenständen entfernte.

Zu ganz analogen Resultaten ist auch Crzellitzer im Verein mit Cowl gekommen; er hatte gleichfalls stets eine unbestimmte, schlecht abgrenzbare Lichtempfindung. Selbst Versuche, eine genauere Differenzierung der Wirkung der Röntgenstrahlen auf bestimmte Teile des Auges zu ermöglichen, hat Crzellitzer angestellt. Nach seinen im Verein mit Grunmach angestellten Experimenten hing die Lichtempfindung von der Größe der von Röntgenstrahlen getroffenen Netzhautpartie ab; es wurden besonders harte Röhren benutzt.

Auch französische Forscher haben über ähnliche Versuche und gleiche Röntgenwirkung auf die Retina berichtet. — — —

Schon aus der allerersten Röntgenzeit datieren auch Mitteilungen über Haut- und Schleimhautentzündungen, sowie über Haarausfall nach Röntgenbestrahlungen.

Diese Schädigungen waren überraschend und äußerst unangenehm, haben aber den Anstoß gegeben, die Wirkungen der Röntgenstrahlen auf die äußere Haut zu studieren und ihre therapeutische Verwendung einzuleiten.

Wir wollen zuerst die biologischen Wirkungen besprechen und unterscheiden im allgemeinen die Gewebsveränderungen (Schädigungen)

1. bei kurzzeitiger, aber zu intensiver,
2. bei chronischer Einwirkung der Röntgenstrahlen.

Im speziellen werden durch die Röntgenstrahlen beeinflußt:

1. alle Teile der äußeren Haut und der Schleimhäute,
2. von inneren Organen besonders
   a) die lymphatischen Organe und das Blut,
   b) die Organe der Geschlechtssphäre,
3. der Stoffwechsel und das Nervensystem,
4. das Wachstum resp. die Entwicklung von Embryonen und jungen Lebewesen,
5. die Lebensenergie überhaupt.

1. Äußere Haut.

a) Die akute Röntgendermatitis entsteht dadurch, daß einem umschriebenen Hautbezirk mit einer einzigen Röntgenlichtdosis oder meist mit mehreren im Laufe von Tagen oder Wochen verabfolgten Röntgendosen eine für diesen Haut-(oder Schleimhaut-)bezirk zu reichliche Röntgenlichtmenge einverleibt wird.

Je nach der Höhe dieser relativen Überdosierung kommt es nach einer entsprechenden Latenzzeit

zum Stadium I, das unter ganz leichten Entzündungserscheinungen zum Haarausfall und zu einer eventuell stärkeren Pigmentierung führt. Nach einigen Monaten erfolgt Restitutio ad integrum;

zum Stadium II, charakterisiert durch Entzündungserscheinungen (Hyperämie, Temperatursteigerung und Infiltration) der ganzen Haut unter entsprechendem Juckreiz usw.; Haarausfall, Pigmentierung, Schuppung der Epidermis folgen. Gelegentlich bleibt eine Hyperpigmentation zurück; im übrigen erholt sich nach einigen Monaten die Haut wieder vollständig;

zum Stadium III, in welchem unter heftigen Schmerzen die gesteigerte Infiltration zur Blasenbildung, zur Exfoliation unter seröser und eitriger Sekretion für mehrere Wochen führt. Die Heilung ist in der Folgezeit keine vollkommene. Es bleiben zurück Pigmentveränderungen, Teleangiektasien, partieller Haarverlust usw.;

zum Stadium IV, mit schwerer Zerstörung der Haut und einer resultierenden Ulzeration, die Monate oder Jahre zur Heilung braucht. Zurück bleiben schließlich narbige Veränderungen, atrophische Hautzustände, Teleangiektasien, Pigmentanomalien.

Kienböck hat schon 1901 den Verlauf der Erscheinungen bei der akuten Röntgendermatitis anschaulich, wie folgt, geschildert: Während der Einwirkung der Strahlen treten auf der Hautoberfläche keine Veränderungen auf; die Durchleuchtung wird nicht einmal empfunden. (Auch nach einigen Stunden werden nur ausnahmsweise Rötung und eigentümliche subjektive Empfindung, leichtes Jucken oder Spannen beobachtet; die geringfügigen Symptome schwinden nach wenigen Stunden wieder.) In der Regel folgt auf die Exposition eine langdauernde, vollkommene Latenz. Meist etwa 12—16 Tage, zuweilen noch später, nach einer intensiven Bestrahlung beginnt, wenn es sich um den ersten Grad handelt, ohne oberflächlich sichtbare Zeichen von Entzündung und ohne Vorboten, eine Lockerung der Haare und schreitet innerhalb weniger Tage bis zum vollständigen Ausfall fort. Einige Zeit hindurch erscheint dann die Haut glatt und kahl, fast ohne sonstiges abnormes Aussehen, insbesondere ohne Schwellung und Rötung, aber zuweilen mit stärkerer Pigmentierung. Nach Ablauf mehrerer (meist 6—8) Wochen beginnt eine allmähliche Rückkehr der Haut zur Norm, die Epidermis erhält ihre normale lichtere Färbung und ihre Poren wieder, und die Haare wachsen allmählich nach. Einige Monate, etwa 3—4, nach dem Beginn der Erscheinungen tritt vollständige Restitution des normalen Zustandes ein.

War die Exposition stärker, so wächst nach etwas kürzerem Latenzstadium die akute Röntgendermatitis bis zu den Symptomen von leichter Schwellung, diffuser oder fleckiger, zuerst hell-, dann dunkelroter Hyperämie und Jucken an (zweiter Grad). Die akuten Erscheinungen dauern wenige Tage an, worauf vollständiger Haarausfall erfolgt; dann zeigt sich eine zunehmende Braunfärbung der Haut und endlich Schuppung der Epidermis, wobei mehr oder weniger dunkelbraune Schuppen von verschiedenem Umfange abgestoßen werden. Nachher erscheint die Epidermis durch einige Wochen auffallend zart, glatt, licht gefärbt und kahl, schließlich tritt aber wieder vollständige Restitution des normalen Zustandes ein. Nur ausnahmsweise bleibt Hyperpigmentation zurück.

Bei Röntgendermatitis dritten Grades — mit Blasenbildung oder sogar umfangreicher Exfoliation — gehen die nach dem

Inkubationsstadium auftretenden heftigen Erscheinungen erst nach Ablauf von 1—2 Wochen zurück, ebenso die oft ungemein heftigen Schmerzen, die schon während der Infiltration und vor der Abhebung der Epidermis zu Blasen auftreten.

Nach Aufhören der serösen oder eitrigen Sekretion vollzieht sich in der Regel eine nicht vollkommene Heilung, indem der Nachwuchs der Haare unvollständig oder gar nicht erfolgt und Pigmentveränderungen und Teleangiektasien in fleckiger Anordnung dauernd zurückbleiben: Atrophie der Cutis und Papillen mit zarten Narben.

Die Röntgendermatitis vierten und schwersten Grades, die in flächenhafter trockener Nekrose des Gewebes von mißfarbigem Aussehen besteht, ist von noch längerer Dauer; nach dem 1—2wöchigen Latenzstadium erscheint die Haut braun, zuweilen fast schwarz, dann wird Demarkation sichtbar, und je nach Umfang und Tiefe der Zerstörung braucht das nach Abstoßung des Schorfes entstehende, anfangs reichlich sezernierende Geschwür unter Bildung von Granulation und Epithelisierung in Inseln und vom Rande her einige Wochen zur Verheilung — unter Narbenbildung —, oder es bleibt ein torpides Ulcus durch viele Monate, selbst über Jahre bestehen. Schmerzen können dabei vollständig fehlen.

So wie bei der besprochenen schweren Atrophie kommen auch bei der Vernarbung nach Röntgendermatitis häufig bedeutende Teleangiektasien und Pigmentanomalien vor. So werden Überpigmentierung, Pigmentschwund oder Pigmentverschiebung beobachtet. (Die letztere Veränderung wurde z. B. von Gocht mitgeteilt.) Hier handelt es sich um persistierende und echte Pigmentanomalien zum Unterschiede von den früher genannten vorübergehenden Braunfärbungen der Haut.

b) Die chronische Röntgendermatitis entsteht dadurch, daß bestimmten Hautbezirken (Handrücken, Gesicht, vorderer Hals- und oberer mittlerer Brusthautbezirk) fortgesetzt mit einer gewissen Regelmäßigkeit kleinste Röntgendosen einverleibt werden, wobei es auch zu gelegentlichen Überdosierungen kommt.

Je nach der Schwere dieses meist langsam fortschreitenden Prozesses konstatieren wir diffuse Rötung und Schwellung der Haut; im weiteren Verlauf die übermäßige Verhornung, die Hyperkeratose. Die Hautoberfläche wird rauh und hart, fühlt sich trocken, pergamentartig, spröde und unelastisch an. Die Haut schuppt sich, ist mehr oder weniger gefaltet, greisenartig, leicht rissig.

Ferner stellen sich warzenartige, mitunter schmerzhafte und schwielige Verdickungen der Hornschicht ein, besonders im Bereich des Nagelfalzes und der interdigitalen Falten. Kompliziert werden diese Veränderungen durch subepidermidale Abszesse, durch Paronychien und durch hart-

näckige Rhagaden. Die photographischen Reagentien, desgleichen die häufigen Waschungen und Desinfektionen und die Gipsarbeit führen zu immer neuen Läsionen.

Es kommt zur Erweiterung der kapillaren Blutgefäße der Haut, zu Kapillarvarizen, Teleangiektasien und vor allem zu Verkrüppelungen der Nägel. Die Nagelplatte atrophiert, verliert den Glanz, wird brüchig, rauh, dünn und zeigt Neigung zu Längsspaltungen. Auf dem verdickten Teil des Nagelbettes unter dem freien Nagelrande schieben sich abnorme Hornmassen hervor, Entzündungen der hinteren Nagelfalzpartien führen zu weiteren Deformationen der Nagelplatten.

Schließlich bilden sich Exkoriationen und Geschwüre, die wieder zu Zerstörungen von Sehnen, zu Fingergelenksversteifungen und Kontrakturen führen, ja mitunter zur Entstehung von Hautkankroiden, von Epitheliomen. Daß diese Hautkankroide, wenn sie nicht rechtzeitig und gründlich operativ entfernt werden, auch Metastasen bilden und so zum Tode führen, haben wir leider an einigen Forschern erleben müssen.

Besonders bei der akuten Röntgendermatitis treten Temperatursteigerungen (Zellenzerfall, Resorptionsfieber) und ausgedehnte Exantheme hinzu.

Ich gehe nicht weiter auf die Entstehung von Conjunctivitis, von Laryngitis und sonstigen eventuellen Irritationen der Schleimhäute ein und komme zu den Veränderungen an den

2. Inneren Organen.

Über die Veränderungen an inneren Organen von Tier und Mensch liegen eine große Anzahl von sehr sorgsamen Arbeiten vor. Ich erwähne unter den deutschen Autoren besonders Albers-Schönberg, Bayer, Benjamin, Eggers, Faber, Halberstädter, Heineke, Helber, Holzknecht, v. Jagic, Klieneberger, Linser, Milchner, Nunberg, Erika Peters, Scholtz, Schwarz, Tatarsky, Winternitz, Wöhler, Ziegler und vor allem Paul Krause. Krause und seine Schüler haben sich diesen für die Fundierung der Röntgentherapie bedeutsamen Fragen mit größtem dankenswerten Eifer gewidmet[1]).

a) Die lymphatischen Organe und das Blut.

Aus Tierversuchen konstatierte Heineke, daß das lymphoide Gewebe durch Röntgenbestrahlung zerstört wird, daß diese Zerstörung gleichzeitig in allen Regionen des Körpers Platz greift und sich bereits zu einer Zeit entwickelt, in der alle anderen durch die Strahlen hervorgerufenen Veränderungen (Haut, Hoden usw.) noch im weiten Felde

[1]) Vgl. Zeitschr. f. Röntgenkunde, redigiert von Prof. Dr. Paul Krause, Verlag von J. A. Barth, Leipzig.

liegen. Eine Latenzzeit fehlt so gut wie ganz, und der Ablauf der Reaktion ist ein so stürmischer, daß sie bereits lange ihren Abschluß erreicht hat, wenn die Veränderungen der Haut erst eben beginnen. Alle Forscher stimmen mit H e i n e k e überein, daß die Röntgenstrahlen eine elektive Wirkung auf das lymphoide Gewebe ausüben, die mit der Zerstörung desselben gleichbedeutend ist. Schon nach $^1/_4$stündiger Bestrahlung treten nachweisbare Veränderungen an den Lymphfollikeln ein, bestehend in Kernzerfall in den Lymphozyten, Zusammenfließen der Kerntrümmer zu Chromatinkugeln und Aufnahme dieser Kernreste und Kugeln durch Phagozyten. Der Umfang des Kernzerfalls ist der einverleibten Röntgenlichtmenge ungefähr proportional. Die Regenerierung des durch die Röntgenstrahlen zerstörten lymphoiden Gewebes tritt schnell ein und soll bereits nach 4—6 Wochen vollendet sein.

Während diese zerstörenden Prozesse in den Lymphfollikeln der Milz, des Darmkanals und der Lymphdrüsen bereits abgelaufen sind, setzen nach 2—3 Tagen an der Milzpulpa und am Knochenmark degenerative Vorgänge ein. Die Milzpulpa wird zellarm, die Zahl der Riesenzellen und der polynukleären Leukozyten nimmt mehr und mehr ab bis zum vollkommenen Verschwinden. Dann folgt häufig eine zunehmende Pigmentablagerung. Im Knochenmark zerfallen nach H e i n e k e in erster Linie die Lymphozyten und die ungranulierten Myelozyten, in zweiter Linie eosinophile Zellen, Mastzellen, Riesenzellen usw. Die Zerstörung der weißen Markzellen beginnt etwa $2^1/_2$—3 Stunden nach dem Beginn der Bestrahlung, ist nach 5—6 Tagen abgeschlossen; die Regeneration setzt nach 2—$2^1/_2$ Wochen ein und ist nach 3—4 Wochen beendet.

Daß auch beim Menschen durch Röntgenbestrahlungen Veränderungen an den lymphatischen Organen zu erzielen sind, wissen wir aus den Untersuchungen bei Leukämie. K r a u s e fand hier Lymphome und das Knochenmark nach Röntgenbestrahlungen auffallend zellarm; vor allem waren die Lymphozyten, in zweiter Linie die leukozytären Elemente zugrunde gegangen. Im Darm konnte K r a u s e entsprechend hochgradige Atrophie der Follikel nachweisen.

Die Tierversuche von L i n s e r und H e l b e r haben bezüglich der Röntgenwirkung auf das B l u t ergeben, daß die weißen Blutkörperchen besonders im kreisenden Blute in elektiver Weise zerstört werden, daß von den verschiedenen Leukozytenformen die Lymphozyten am wenigsten widerstandsfähig gegen die Röntgenstrahlen sind. Im Gegensatz dazu war nach K r a u s e, T a t a r s k y u. a. das Ergebnis ein Anstieg der Leukozytenwerte 2—3 Stunden nach der Bestrahlung, wenn die Versuchstiere kürzere Zeit der Einwirkung der Röntgenstrahlen ausgesetzt waren; bei den Tieren jedoch, die ununterbrochen länger als 2 Stunden bestrahlt wurden, begann diese Hyperleukozytose schon am Ende der zweiten Be-

strahlungsstunde, um nach Verlauf von 1—2 Stunden ihren Höhepunkt zu erreichen und ebenso schnell abzufallen.

Tatarsky erklärt diesen Anstieg der Leukozytenzahl hauptsächlich damit, daß die Lymphdrüsen durch die Bestrahlung geschädigt werden, so daß die Lymphozyten zugrunde gehen und ihre Neubildung sistiert, während der Anstieg der Leukozyten auf Reizung des Knochenmarkes beruht; vielleicht finde auch eine schnellere Umwandlung der Lymphozyten in polymorphkernige Leukozyten statt als gewöhnlich. Dagegen spricht Eggers die Vermutung aus, daß die Leukozytose durch eine chemische Veränderung des Blutserums veranlaßt ist, die vielleicht einerseits für die schnelle Entwicklung der Leukozyten aus den Lymphozyten günstige Bedingungen schafft, anderseits aber eine reaktive Leukozytose als Abwehr gegen das entstehende Gift, Leukotoxin, herbeiführt.

b) Die Organe der Geschlechtssphäre.

Die ersten diesbezüglichen Mitteilungen von Albers-Schönberg im Jahre 1903 haben besonderes Aufsehen erregt. Es ist sowohl für das Tier wie für den Menschen einwandfrei festgestellt, daß die Einwirkung der Röntgenstrahlen auf Testikel und Ovarien schwerste Veränderungen zeitigt. Durch Atrophie und Degeneration des spezifischen Hodenkanälchenepithels geht die Fortpflanzungsfähigkeit zugrunde, ohne daß das körperliche Befinden oder die Kopulationsfähigkeit im geringsten verändert wäre. Regaud und Dubreuil haben beim Kaninchen sogar eine Steigerung der Libido und der Potenz beobachtet. Es kommt zuerst zur Oligospermie, zur Nekrospermie und bei fortgesetzter Röntgeneinwirkung zur vollkommenen Azoospermie. Die Testikel atrophieren schließlich in toto.

Simmonds schließt unter anderem aus seinen Tierversuchen:

Bei genügend langer Einwirkung der Röntgenstrahlen auf den Hoden werden die Samenzellen zerstört, während die Sertolizellen, die Spermatozoen und das interstitielle Gewebe nebst Gefäßen nicht geschädigt werden.

Die Zerstörung der Zellen macht sich nur geltend, wenn eine genügend lange Zeit zwischen Belichtung und Untersuchung des Organs liegt.

Die erste erkennbare Veränderung an den Samenzellen besteht in einem Sistieren der Spermatogenese.

Überlebt das Tier genügend lange die Bestrahlungen, so tritt eine Regeneration der Samenkanälchen ein, und es kann wieder normale Spermatogenese erfolgen.

Man kann dieselben Schädigungen des Hodens auch mit ganz kurzen, nur Sekunden dauernden Röntgenbestrahlungen bei Anwendung sehr starker Ströme erzielen.

Schließlich ergaben diesbezügliche Experimente, daß die Sekundärstrahlung (ohne direkte Bestrahlung) keine Veränderung an den Hoden der Tiere hervorrief; auch die Spermatogenese blieb völlig intakt.

An den Ovarien sind bei Mensch und Tier nach Bestrahlungen zunehmender Schwund der Graafschen Follikel und allgemeine Atrophie beobachtet worden. Unter anderen haben Halberstädter, Faber, Krause, Nunberg und besonders in letzter Zeit Reifferscheid eingehende histologische Untersuchungen gebracht: sämtliche Primordialfollikel beim menschlichen Ovarium waren degeneriert. Das Follikelepithel war teils noch gut erhalten, teils nur mehr blaß gefärbt, teils völlig zugrunde gegangen; die Eizelle geschrumpft, selten mit noch erkennbarem Keimbläschen, und als Rest der Eizelle fand sich am Rande des Follikels eine hyaline Scholle. In den größeren Follikeln findet man das Follikelepithel in allen Stadien der Degeneration, ausgedehnte Pyknose der Kerne, dann wieder die Zellen aufgetrieben mit geschrumpftem Kerne, die Zellen ganz blaß und schließlich ganz geschwunden und an ihrer Stelle nur noch hyaline Schollen. Dieselben Veränderungen finden sich an dem Epithel der Graafschen Follikel. Außerdem fand Reifferscheid an den untersuchten Ovarien kleine Blutungen aus Kapillaren zumeist in der Rindenschicht, oft zwischen den Zellen des Stroma verspritzt, oft aber auch so reichlich, daß sich eine kleine Gewebszertrümmerung an der Blutungsstelle deutlich fand.

Diese Veränderungen wurden erreicht bei 6 Patientinnen durch Verabfolgung von $^1/_2$—$1^1/_4$ Erythemdose.

Lengfellner, Burckhard u. a. haben im Tierversuch erreicht, durch lange energische Bestrahlungen bei kleineren Tieren eine Befruchtung ganz zu verhüten, die Entwicklung der Frucht zu verlangsamen oder die lebende Frucht intrauterin abzutöten. Fraenkel hat bei einer Frau nach 25 Bestrahlungen der Ovarien einen spontanen Abort erzielt; doch sind alle Forscher darin einig, daß Röntgenbestrahlungen zur Einleitung des Abortes unsicher und ungeeignet sind.

Veränderungen an der Milchdrüse und ihrer Funktion konnte des weiteren Nunberg bei der Ziege nicht feststellen.

Ebensowenig konnte Krause bei seinen Versuchen die Angaben einiger Autoren, daß die Niere, die Leber und das Pankreas durch Röntgenbestrahlungen anatomisch oder funktionell verändert werden, bestätigen; aber der Thymus weist degenerative Veränderungen auf; doch setzt schnell eine umfangreiche Regeneration ein (Eggers).

3. Stoffwechsel und Nervensystem.

Nach Rommel und Krause verursacht die Röntgenbestrahlung beim Tier (Hund) gewisse Schwankungen der Harnsäureausfuhr, die

mit dem Zerfall der Leukozyten zusammenhängen. Außerdem kommt es zu Störungen der Stickstoffausscheidung, und zwar zunächst im Sinne einer ziemlich langdauernden Steigerung, der eine Periode der Stickstoffretention folgt. Ähnliche Verhältnisse wurden am Menschen (Leukämie) von Heile, Bloch, Schwarz, Königer und Krause gefunden. Mit der Steigerung des Leukozytenzerfalls und Verkleinerung des Milztumors steigerte sich die Harnsäureausscheidung und die Stickstoff- und Phosphorsäureausscheidung vorübergehend.

Was das Nervensystem anlangt, so können wir wohl auf dieses die Allgemeinerscheinungen beziehen, die — meist nach intensiveren Röntgenlichteinwirkungen — von einzelnen Forschern konstatiert worden sind, nämlich Kopfschmerzen, Benommensein, Schwindelgefühl (wie beim Sonnenstich), allgemeines Unbehagen und Schwächegefühl; vermehrten Speichelfluß, Erbrechen, Harndrang, Durchfall und Schmerzen im Leib; Herzklopfen, Herzdruck, unregelmäßigen Puls, Atemnot; Schlaflosigkeit. Ich komme später noch einmal kurz hierauf zurück.

An Tieren sind von verschiedenen Forschern Lähmungserscheinungen beobachtet worden.

Übrigens haben viele Beobachter überhaupt niemals, auch bei einem großen Krankenmaterial, schädliche Allgemeinerscheinungen gesehen.

4. Wachstum.

Es ist durch das Experiment erwiesen, daß beim jungen, stark wachsenden Säugetiere erhebliche Wachstumsstörungen hervorgerufen werden, und zwar durch so geringe Röntgenlichtdosen, daß nicht einmal ein Haarausfall bei den Tieren eintritt. Je jünger die Tiere, desto stärker ist die Wirkung; sämtliche Körperteile sind der Störung unterworfen, und zwar wird das Allgemeinwachstum bei Ganz- oder nur Kopfbestrahlungen hintangehalten, und es werden Teilstörungen durch Seiten- oder Teilbestrahlung hervorgebracht. 3 Stunden lange Bestrahlungen nur der Köpfe von Kaninchen bei 10—20tägiger Schwangerschaft führten zu enormen Wachstumsstörungen der Jungen (1:3) (Försterling, Krukenberg u. a.).

Beobachtungen ähnlicher Schädigungen an Kindern liegen erfreulicherweise nicht vor. Immerhin mahnen solche Schädigungen zur Vorsicht in der Anwendung der Röntgenstrahlen bei kleinsten und kleinen Kindern.

Ich übergehe eine Reihe interessanter Untersuchungen, die alle Hemmungen an Eiern, an Raupen, an Embryonen durch Röntgenlicht feststellten, und komme zu der Frage nach der Schädigung für die

5. Lebensenergie.

Es ist wiederum durch Tierversuche festgestellt, daß kleine Säugetiere (Mäuse) unter mehr oder weniger intensiver Röntgenbestrahlung zugrunde gehen. Je kleiner und jünger die Tiere sind, um so empfindlicher sind sie.

Durch die sorgsamen Statistiken über Schädigungen am Menschen ist aber bisher kein Beweis erbracht für einen durch Röntgenbestrahlung direkt erfolgten Todesfall.

Zum Schlusse dieser Ausführungen komme ich nochmals auf diejenigen nervösen Erkrankungen zurück, die ich als Folgekrankheiten nach Röntgenverbrennungen der Haut bezeichnen will.

In einem Fall von Krause ist es nämlich zu einer etwa 10tägigen echten Psychose gekommen, in einem zweiten Falle zu einer sehr schweren traumatischen Neurose.

Ferner hat schon 1897 v. Chalupecky mitgeteilt, daß die vorderen Augenmedien von den Röntgenstrahlen gereizt werden, die Wirkung soll auf die Augen schädlich sein; genannter Verfasser sah nach einer 13stündigen (!) Bestrahlung eine rechtseitige Entzündung des Bulbus entstehen, Hyperämie und Schwellungen der Lidbindehaut verbunden mit anhaltender Verengerung der Pupille, die auch durch Atropineinträufelung nicht vollkommen behoben wurde.

In anderen Fällen soll es nicht allein zu diesen ganz erklärlichen Konjunktivitiden, sondern auch zu Sehstörungen und Linsentrübungen gekommen sein.

Birch-Hirschfeld und Ammann haben gleichfalls bei Tieren und Menschen schwere degenerative Veränderungen an der Netzhaut nach intensiver Röntgenlichteinwirkung gesehen.

Daß die Röntgenstrahlen bakterizide Eigenschaften haben, ist bereits seit dem Jahre 1898 und der ersten diesbezüglichen positiven Veröffentlichung von Rieder-München vielen unzweifelhaft gewesen. Rieder wählte damals mit Rücksicht auf die praktische Verwendung nur pathogene Mikroorganismen, wie Choleravibrionen, Bacterium coli, Staphylococcus pyogenes aureus usw. Es zeigte sich, daß in Agar-, Blutserum- oder Gelatineplatten suspendierte Bakterien schon bei einstündiger Einwirkung der Röntgenstrahlen sicher zugrunde gehen. Auch Bouillonkulturen der Cholera konnten abgetötet werden. Auf bereits entwickelte Kolonien einzuwirken, gelang nur teilweise.

Wolfenden, Forbes-Roß, Krause, Jastram u. a. sind auf Grund ihrer Versuche zu den entgegengesetzten Resultaten gekommen. Sie resümieren: Es ist unmöglich, bei noch so langer Exponierung mittels Vakuumröhren durch X-Strahlen das Wachstum von Bazillen und Kokken aufzuhalten.

Wir sind indessen noch immer vom Gegenteil überzeugt. Weiches, intensives Licht muß die Bakterien in ihrer Entwicklung hemmen. So hat denn auch Rieder seine Versuche später wiederholt und schließt: „Nicht nach ein- oder mehrstündiger Bestrahlung, wie in den früheren Versuchen, sondern schon nach 20—30 Minuten dauernder Einwirkung der Röntgenstrahlen auf Bakterien konnte Wachstumshemmung und Abtötung derselben erzielt werden."

An dieser Stelle muß ich noch der zuerst von Köhler, dann von Holzknecht, E. H. Schmidt u. a. beschriebenen Frühreaktion (Vorreaktion) gedenken; bekanntlich entsteht zuweilen unmittelbar oder sehr schnell nach einer Röntgenbestrahlung ein Erythem, welches mit der eigentlichen Röntgenreaktion nicht zu verwechseln ist. Köhler hält diese Frühreaktion für eine reine Wärmewirkung. Holzknecht führte ihre Entstehung zurück auf die Strahlung bestimmter Röhren, die innen einen dichten violetten Belag hatten. Schmidt nimmt eine besondere Empfindlichkeit bei Patienten mit sehr labilem Gefäßsystem an. Mion führt die Erythembildung auf die Sekundärstrahlung der Röntgenröhrenglaswand zurück.

Brauer ist der Ansicht, daß die Ursache des Früherythems (Primärerythems) eine direkte Wirkung der Röntgenstrahlen auf das Gefäßnervensystem ist. Nach entsprechend großen Röntgendosen tritt — bei weicher oder harter Strahlung — anscheinend bei jedem Menschen das Früherythem auf; nach verhältnismäßig kleinen Dosen nur bei Personen, die überhaupt eine äußerst empfindliche Haut haben (H. E. Schmidt, Gocht).

Ist die biologische Wirkung eine echte Röntgenstrahlenwirkung?

Während früher die Ansichten auseinandergingen über das eigenartige, biologisch-wirksame Agens bei der Röntgenbestrahlung, sind heute alle Forscher darin einig, daß die Röntgenstrahlen selbst der wirksame Faktor sind. Dadurch, daß die Röntgenstrahlen in die lebenden Gewebe eindringen, werden letztere entsprechend ihrer verschieden großen Röntgenempfindlichkeit und entsprechend der absorbierten Menge und der Art des Röntgenlichtes verschiedenartig verändert.

Überblicken wir die oben skizzierten Veränderungen an den verschiedenen Organen des tierischen und menschlichen Körpers, ferner alle sonstigen sorgsamen histologischen Untersuchungen bei Röntgendermatitiden (z. B. Scholtz) in verschiedenen Stadien, so finden wir übereinstimmend, daß sich die ersten nachweisbaren Gewebsveränderungen in den Zellen finden.

So haben Neisser, Scholtz und Kienböck schon 1900 die Anschauung vertreten, daß es sich bei der Röntgenwirkung primär um Degeneration und Nekrobiose der Gewebszellen handle und daß die entzündlichen Blutgefäßveränderungen erst als Folgeerscheinungen auftreten. Hierin haben ihnen, wie gesagt, alle weiteren Untersuchungsbefunde recht gegeben. Auch darin hat Kienböck recht behalten, daß vor allem in Proliferation befindliche Zellen zufolge ihres lebhaften Stoffwechsels durch Röntgenlicht größte Veränderungen erleiden, größte Röntgensensibilität besitzen.

Holzknecht hat diese Annahme folgendermaßen formuliert: Die Röntgenwirkung läßt sich ihrem Wesen nach als Hemmung progressiver Vorgänge an normalen und pathologischen Zellen begreifen, und sie ist relativ um so intensiver, je intensiver die betreffende progressive Zellveränderung, je rascher das Stoffwechseltempo der getroffenen Zelle natürlicherweise abläuft. Dabei scheint es gleichgültig zu sein, ob das rasche Lebenstempo der Zelle ihre Fortpflanzung durch Teilung (Proliferation, Gewebserneuerung) oder eine andere Funktion der Zelle betrifft, z. B. die innere oder äußere Sekretion (Hypersekretion).

Aus der durch die Röntgendurchstrahlung eingeleiteten und langsam fortschreitenden Zellschädigung, die durch weitere Röntgenlichtmengen noch gesteigert wird, erklären sich so zwanglos die Gewebsveränderungen, die, wie wir oben gesehen haben, sehr rasch, nach Stunden, einsetzen, aber erst nach Tagen und Wochen grob sinnfällig zu werden brauchen. Denn früher sind zweifellos infolge ungenügender Untersuchung Veränderungen übersehen worden, die durch das Röntgenlicht angeregt waren, aber durch rechtzeitige Unterbrechung des Röntgenreizes zurückgebildet wurden.

Dosierung im allgemeinen.

Wir verwenden nun die Röntgenstrahlen, um die geschilderten Veränderungen an den Geweben des menschlichen Körpers bis zu einer gewissen Höhe absichtlich hervorzurufen und dadurch Heilungen oder wenigstens Besserungen bestimmter Erkrankungsformen zu erzielen: hierauf baut sich die Röntgentherapie auf. Doch wird eine Röntgenveränderung zur Röntgenschädigung, wenn bei der Röntgentherapie die gewünschte Veränderung infolge zu großer Dosen eine unbeabsichtigte schädliche Höhe erreicht oder wenn die Veränderung als Nebeneffekt bei der Röntgenuntersuchung in die Erscheinung tritt.

Dabei dürfen wir nicht außer acht lassen, daß der Begriff der Röntgenschädigung ein relativer ist.

Ein Patient, bei dem durch Überdosierung ein nicht gewollter teilweiser Ausfall des Haupt- oder Barthaares hervorgerufen ist, kann eventuell

zeitweise in seinem Berufe oder gesellschaftlich mehr geschädigt sein, als ein anderer mit einer Röntgendermatitis II. oder III. Grades.

Wir fragen nun allgemein: Bei welchen Personen und unter welchen Verhältnissen kommt es zu Schädigungen?

Es ist absolut sicher, daß in der Hauptsache und am intensivsten geschädigt worden sind die Ärzte und Ingenieure mit ihrem Hilfspersonal, die zuerst ohne und später mit Kenntnis der Gefahren am Ausbau der Röntgentechnik und am Röhrenbau gearbeitet haben.

Weniger zahlreich und vor allem weniger intensiv sind die Schädigungen, die Patienten davongetragen haben.

Die Schädigungen, die sich die Pioniere der Röntgenwissenschaft in unermüdlicher Arbeit zugezogen haben, sind hauptsächlich die chronische Röntgendermatitis und die Sterilität. Jeder von ihnen hat zu ungezählten Malen Röntgenlichtvollbilder genommen; immer wieder wurde der eigene Körper und besonders der Handrücken zu Demonstrationszwecken hergegeben. Tausende von Malen wurde bei Aufnahme der Patienten gerade das eigene Abdomen voll den Röntgenstrahlen ausgesetzt.

Bei Zusammenkünften auf Kongressen sehen wir die deletären Folgen an den Händen der Röntgenmeister, und Kinder sind in Röntgenehen eine Seltenheit.

Dagegen treten die Schädigungen bei unseren Patienten in den Hintergrund. Bei diesen handelt es sich neben den oben angedeuteten Nachkrankheiten fast ausnahmslos um akute und lokale Röntgenschädigungen der Haut, meist an Körperteilen, die im Gegensatz zu den Händen verdeckt werden können, die ferner zur täglichen Arbeit nicht unbedingt notwendig sind.

Unsere Patienten sind geschädigt worden

1. bei der Röntgenographie, indem früher bei schwer darstellbaren, voluminösen Körperteilen (Schulter. Kopf, untere Rumpfhälfte) zu lange Expositionszeiten notwendig waren, weil Bilder mißlangen und zu häufig wiederholt werden mußten;

2. bei der Röntgenoskopie, indem Durchleuchtungen einmalig oder mehrmalig zwecks Diagnose zu lange ausgedehnt wurden. weil besonders interessante Röntgenbefunde immer wieder zwecks Demonstration durchleuchtet wurden;

3. bei der Röntgentherapie, weil den kranken oder benachbarten Hautbezirken ebenfalls eine zu große Röntgenlichtdosis zugemutet wurde.

Aus alledem ergibt sich, daß mit einer fortschreitenden Erkenntnis der Schädigungen und ihrer Ursachen auch ihre Verhütung im weitesten Sinne Fortschritte machen mußte. Und dies ist tatsächlich der Fall. Die Röntgenschädigungen gehören heute zu den

Seltenheiten, sie lassen sich bis zu einem gewissen Grade vermeiden.

Dies gewährleistet allerdings weder früher noch jetzt der Besitz eines guten Röntgeninstrumentariums. Die Röntgenkunst in ihrer weitverzweigten Anwendungsweise setzt sich zusammen aus Erfahrung, Erfahrung und nochmals Erfahrung.

Jeder Arzt, der die Röntgenstrahlen in irgend einer Richtung verwendet, muß sich mit der Röntgentechnik genau vertraut machen und die biologischen Wirkungen des Röntgenlichtes kennen; er muß die üblichen Schutzmaßregeln verwenden und die Eigentümlichkeiten der Gewebereaktionen zu beurteilen verstehen.

Ganz besonders ist dies in der Röntgentherapie der Fall, wo ja so häufig bewußt und absichtlich eine Reaktion ersten und zweiten Grades in einem Hautbezirk, aber nicht mehr, zur Heilung hervorgerufen und eventuell unterhalten werden soll.

Damit kommen wir zu der äußerst wichtigen und schwierigen Dosierungsfrage, denn die absichtlichen und unabsichtlichen Veränderungen der verschiedenen Gewebe des menschlichen Körpers sind im allgemeinen abhängig

1. von der Röntgendosis, die einem bestimmten Gewebebezirk zugeführt wird,

2. von der Röntgensensibilität und dem Absorptionsvermögen dieses Gewebebezirkes und der Gewebeart.

Denn, um auf den zweiten Punkt zuerst einzugehen, es bestehen zweifellos Empfindlichkeitsunterschiede bei verschiedenen Personen und an verschiedenen Hautbezirken und Geweben gegen Röntgenlicht. Besonders in die Augen fallend sind diese von allen Forschern ausnahmslos anerkannten Verschiedenheiten an der äußeren Haut. Sie dokumentieren sich dem erfahrenen Arzt vor der Behandlung und sollen nicht übersehen, sondern unbedingt berücksichtigt werden. So wissen wir, daß bei jungem, stark wachsendem Gewebe die Empfindlichkeit gegen Röntgenlicht größer ist, desgleichen bei einer Haut, die sich schon in einem entzündlichen oder sonst gereizten Zustande befindet. Wir nehmen weiter Rücksicht auf das Alter und Geschlecht, die Entwicklung und den Ernährungszustand; schwächlichen Individuen geben wir entsprechend kleinere Dosen, desgleichen Patienten, deren Haut nach der Anamnese überhaupt besonders empfindlich ist gegen äußere Reize (Sonne, Hitze); ferner sind die Beugeseiten der Gliedmaßen meist leichter reizbar als die Streckseiten, wir geben acht auf die Hautfarbe und Haarfarbe, wir werden je nach der Körperstelle oder Behaarung Unterschiede machen, kurz, wir passen uns den individuellen und örtlichen Verhältnissen, wie mit jedem Medikament, so auch mit den Röntgendosen an.

Alle diese angeführten Momente repräsentieren für unser Erkenntnisvermögen sichtbar verschiedene Verhältnisse, sie müssen berücksichtigt werden, und im Hinblick auf sie ist der Schluß erlaubt, daß die Empfindlichkeit gegen Röntgenstrahlen im großen und ganzen eine entsprechend gleichmäßige ist.

Nehmen wir zwei Menschen von gleichem Geschlecht, ungefähr gleichem Alter und gleicher Konstitution (also zwei sich entsprechende Kinder oder Erwachsene) und verabfolgen wir beiden gleichzeitig aus derselben Röhre auf eine entsprechende Hautpartie aus gleicher Entfernung eine wirklich gleiche Menge Röntgenlicht, so werden wir bei beiden auch eine analoge Röntgenwirkung erzielen. Erreichen wir bei dem einen eine Erythembildung und Haarausfall, so wird bei dem anderen unter keinen Umständen eine Ulzeration resultieren. Das steht nach unseren heutigen Erfahrungen fest, Holzknecht und Kienböck haben dies schon zu einer Zeit ausgesprochen, als die heutige Einigkeit über diesen Punkt unter den Ärzten noch nicht bestand, als noch viele eine grobe Idiosynkrasie bei einzelnen Menschen gegen das Röntgenlicht annahmen. Immerhin zeigen einwandfreie Beobachtungen, daß in sehr seltenen Fällen eine Überempfindlichkeit der Haut gegen Röntgenstrahlen vorkommt.

Daß es Individuen gibt, deren Haut sehr viel größere Röntgenlichtdosen als die anderer ohne Schädigung aushält, das ist sicher. Doch denken wir deshalb nicht daran, nun etwa solche übergroße Dosen allgemein zu nehmen, sondern wir verwenden die nach allen unseren Erfahrungen durchschnittlich als gerade wirksam gefundenen Dosen. Auch unter uns Ärzten, unter den Technikern ist eine gewisse Zahl, die gegen die chronischen Einwirkungen kleinster Röntgendosen viel langsamer empfindlich sind oder gewesen sind als die meisten anderen. Eine Idiosynkrasie ist aber auch hier nicht beobachtet. Es besteht eine gewisse Gesetzmäßigkeit im Aussehen der fleißigen, nicht rechtzeitig geschützten Röntgenhände, von welcher nur wenige aus der ersten Röntgenzeit (meist solche, die speziell weniger durchleuchtet haben) eine Ausnahme nach der guten Seite hin bilden.

Kehren wir nunmehr zu der Röntgenempfindlichkeit und dem Absorptionsvermögen der Gewebe zurück.

Es ist ja zweifellos, daß die Veränderungen in den Geweben von den zur Absorption gelangenden Strahlen ausgelöst werden; je mehr Strahlen wir einem bestimmten Gewebe offerieren, um so mehr kommen in ihm zur Absorption, um so stärker wird es verändert.

Frank Schultz akzeptiert hier sehr richtig, wie auch Scholtz schon früher, das bekannte Gesetz, daß je nach absorbierter Strahlenmenge in einem bestimmten Gewebe verschiedene Wirkungen erzielt werden, nämlich

1. die Steigerung der der betreffenden Zelle zukommenden physiologischen Tätigkeit (Reizwirkung im eigentlichen Sinne; Reizdosis),

2. die Zellähmung mit nachfolgender völliger Restitution (Lähmungsdosis),

3. den Zelltod.

In der gleichlangen Zeit können wir aber in verschiedenartigen nebeneinander liegenden Geweben mit derselben Röhre nur dann verschiedene Röntgendosen zur Absorption bringen, wenn die verschiedenen Gewebe eine verschiedene Absorptionsfähigkeit für die gleiche Röntgenstrahlung haben. Diese Absorptionsfähigkeit hängt, wie wir aus dem I. Teil S. 155 wissen, in der Hauptsache von der Dichte, von dem spezifischen Gewicht der verschiedenen Körper ab.

Aus den Durchleuchtungen und Röntgenbildern wissen wir bereits, wie wenig sich die einzelnen Weichteile differenzieren lassen, nur weiche Röntgenstrahlen werden von den verschiedenen Weichteilgruppen noch so unterschiedlich absorbiert, daß wir z. B. die Haut-, Fett-, Muskelschicht, Sehnen, Blutgefäße bei dünnen Gliedteilen auf einem guten Röntgenbild unterscheiden können.

Immerhin sind die Unterschiede gering. Perthes hat schon 1904 festgestellt: Die Durchlässigkeit der Weichteile des menschlichen Körpers, mit Ausnahme von den Geweben, die spezifisch leichter sind als Wasser — Lunge und Fettgewebe — kommt der des Wassers außerordentlich nahe. Nur Lunge und Fettgewebe sind durchlässiger als Wasser, die übrigen Weichteile einander ziemlich gleich und sehr wenig undurchlässiger als Wasser.

Frank Schultz hat sehr genaue Messungen angestellt über die spezifischen Gewichte der in Betracht kommenden normalen Organe und in der resultierenden Tabelle gezeigt, welche Organe von einer bestimmten Strahlenart mehr oder weniger Strahlen absorbieren können; danach können die Ovarien, die Haut, das Zungenepithel, die Schilddrüse, das Bindegewebe und die Mundschleimhaut des Menschen (abgesehen von Knochen und Knorpel) am meisten Strahlen absorbieren. Er schließt des ferneren:

1. Die bei den menschlichen Weichteilen konstatierten Verschiedenheiten im spezifischen Gewicht bedingen, obwohl sie nur zwischen 1,1 und 1,0 schwanken, an sich erhebliche Differenzen in der Absorptionsfähigkeit.

2. Je langsamer (weicher) die Strahlung ist, desto mehr Strahlen werden in der gleichen Schichthöhe von Stoffen desselben spezifischen Gewichtes absorbiert.

Hängt also die Veränderung eines Gewebes einerseits von der Menge der ihm zugeführten absorbierten Röntgenstrahlung ab, so wird anderseits von zwei verschiedenen Geweben, die gleich viel

einer gleichen Röntgenstrahlung absorbieren, dasjenige Gewebe mehr verändert, das empfindlicher für Röntgenlicht ist.

Das wichtigste ist demnach die Empfindlichkeit des betreffenden Gewebes gegen Röntgenstrahlen, nicht sein Absorptionsvermögen an sich. Der Knochen absorbiert beispielsweise viel Röntgenstrahlen, er ist aber so gut wie nicht röntgensensibel. Das Knochenmark, die Keimzellen, das lymphoide Gewebe absorbieren im Verhältnis zum Knochen sehr wenig Röntgenstrahlen, sind aber sehr röntgensensibel.

Wir werden weiter zusammenfassend sagen:

1. Von zwei Geweben, die gleich röntgensensibel sind, wird dasjenige mehr verändert, welches mehr Röntgenlicht absorbiert.

2. Von zwei Geweben, die gleich röntgensensibel sind und gleichmäßig Röntgenlicht absorbieren, wird dasjenige mehr verändert, dem wir eine größere Röntgenlichtdose einverleiben.

Die Röntgenempfindlichkeit der verschiedenen Gewebe steht im allgemeinen fest, wie wir schon am Anfang dieses Kapitels ausgeführt haben (Kienböck, Holzknecht). So gut wie gar nicht empfindlich ist nach allen Erfahrungen z. B. das kompakte Knochengewebe, das Muskelgewebe; eine mittlere Empfindlichkeit besitzen die äußere Haut, die Schleimhäute, das Bindegewebe; eine große Röntgensensibilität besitzt die strumöse Schilddrüse, das normale lymphatische Gewebe und seine gut- und bösartigen Tumoren; äußerst röntgenempfindlich ist schließlich das leukämisch infiltrierte Gewebe und das Epithel der Keimdrüsen.

Von ausschlaggebender Bedeutung ist nun die Frage nach der Röntgenlichtdosis, die einem bestimmten Gewebebezirke zwecks Erreichung eines therapeutischen Effektes bei Vermeidung einer unbeabsichtigten Schädigung einverleibt werden soll und darf.

Die Röntgenlichtdosis ist zunächst abhängig

1. von der Qualität und von der Quantität der Röntgenstrahlen,

2. von der Entfernung zwischen Röntgenstrahlenquelle (Fokus der Röntgenröhre) und bestrahltem Gewebebezirk.

Die Qualität, die Form und Art der Röntgenstrahlen entspricht

a) dem Gasinhalt und Gasgemisch der benutzten Röntgenröhre und

b) ihrer jeweiligen Belastung.

Die Quantität, die Menge der verabfolgten Röntgenstrahlung ist abhängig

a) von der Größe und Dicke des getroffenen Körperbezirkes,

b) von der Dauer der Bestrahlung,

c) von der Zahl der einzelnen Stromstöße in der Zeiteinheit, also der Unterbrechungszahl des primären Stroms.

Natürlich wächst die Quantität auch mit der höheren Belastung.

Wir müssen uns somit zunächst klar sein über die Qualität der jedesmal

aus einer Röntgenröhre ausgesandten Röntgenstrahlen und ferner darüber, welche Qualität für einen gegebenen Fall die therapeutisch gewünschte ist.

Im Kapitel über die Röhren (S. 109 ff.) war unterschieden worden zwischen sehr weichen, weichen, mittelharten, harten und sehr harten Röntgenstrahlen. Wir wissen von dort,

daß 1. die gasreichere Röhre bei richtiger entsprechender Belastung die sogenannten weicheren Röntgenstrahlen in großer Menge aussendet, die weniger tief in den Körper eindringen und eine besondere Oberflächenwirksamkeit entfalten;

2. die gasärmere Röhre bei richtiger, also entsprechend höherer Belastung hauptsächlich die sogenannten härteren Röntgenstrahlen in geringerer Menge aussendet; diese sind stärker durchdringend und deshalb besser geeignet für eine Tiefenwirksamkeit.

Dazwischen gibt es alle möglichen Abstufungen, und ich verweise bezüglich der genauen Röhrenbeurteilung und der richtigen Belastung auf meine Ausführungen im technischen Teil S. 122 und 123; ferner S. 454.

Wollen wir also oberflächlich wirken, so verwenden wir die weichere Strahlung einer gasreicheren Röhre, bei notwendiger Tiefenwirkung die härtere Strahlung einer gasärmeren Röhre.

Dabei muß man sich allerdings gegenwärtig halten, daß eine reine Schematisierung des ersten Teiles dieses nur allgemein gesprochenen Satzes nicht richtig ist. Bedeutsam ist in dieser Hinsicht folgender Hinweis von Frank Schultz[1]): wenn ein Gewebe röntgensensibel ist, aber infolge seines zu geringen spezifischen Gewichtes nicht genügend Strahlen absorbieren kann, um seine Röntgenempfindlichkeit zu zeigen, so soll man durch Verwendung weicherer Strahlen diesem Mangel an Absorptionsfähigkeit abzuhelfen suchen. Dafür gibt Frank Schultz das folgende eklatante Beispiel: Ein Epitheliom war mit 6 Volldosen nach Sabouraud-Noiré bei einem Härtegrad von 7—7.5 Wehnelt in 7 Sitzungen bestrahlt worden und zeigte nach folgender 6wöchiger Ruhepause überhaupt keine Veränderung. Nunmehr wurde zweimal $^1/_3$ Volldose nach Sabouraud-Noiré innerhalb 8 Tagen bei einem Härtegrad der Röhre von nur 2.5 Wehnelt verabreicht, 14 Tage später war das Epitheliom fast abgeheilt.

Wir müssen also, zur sicheren und schnellen Erreichung eines therapeutischen Effektes, die Strahlenqualität und -Quantität dem Charakter und der Dicke des Gewebebezirkes anzupassen verstehen, denn das eine pathologische Gewebe reagiert sicherer auf weichste Strahlung von 2—2,5 Wehnelt, das andere auf eine mittelweiche Strahlung von 7—7,5 Wehnelt; das eine sicherer bei Verabreichung einer Volldosis, das andere bei einem Bruchteil der Volldosis. Genauere An-

[1]) Die Röntgentherapie in der Dermatologie von Frank Schultz. Verlag von Julius Springer, Berlin 1910.

gaben folgen später bei den einzelnen Erkrankungen; wir wollen uns nur merken, daß die Röntgenstrahlenqualität bei Oberflächenwirkung im allgemeinen von unten ansteigend 7,5 Wehnelt (6—7 B, $4^1/_2$ BW, 6 W) nicht übersteigen soll, daß ferner in der Mehrzahl der Fälle die mittlere Röntgenstrahlenqualität, die sich am sichersten und leichtesten gleichmäßig erhalten läßt und durchschnittlich 7—7,5 Wehnelt entspricht, für dermatologische Zwecke die brauchbarste ist.

Wir kommen nunmehr zu der Frage: wie bewerkstelligen wir es, auch in tiefere Schichten des Körpers eine zwecks therapeutischer Wirkung notwendige Röntgenlichtdosis zu bringen, ohne dabei die bedeckende Hautschicht zu schädigen?

Perthes hat in seiner bekannten Arbeit folgendes festgelegt unter

2. Bei Bestrahlung des Körpers sinkt die Intensität der Röntgenstrahlen von der Körperoberfläche nach dem Körperinnern zu rasch ab. Bei Verwendung von mittelweichen Röhren sind in 1 cm Tiefe nur noch 50—60 %, in 2 cm Tiefe nur 35—45 %, in 3 cm Tiefe nur 20—30 % der ursprünglichen Intensität vorhanden.

3. Die Intensitätsabnahme erfolgt langsamer bei der Verwendung harter Röhren (8—10 Wehnelt = 7—8 Walter), aber auch in diesem Falle sinkt die Intensität im vierten Zentimeter unter 40 %, im fünften unter 25 % des ursprünglichen Wertes herab.

4. Die Intensitätsabnahme in der Tiefe erfolgt merklich langsamer, wenn auf die Körperoberfläche eine absorbierende Schicht — etwa 1 mm Aluminium — gelegt wird.

Auf Grund dieser Tatsachen werden wir also die Röhren um so härter nehmen, je tiefer der zu behandelnde Gewebebezirk im Körperinnern liegt, weil, mit Walters Worten, je härter die Röhre ist, ein um so größerer Bruchteil ihrer Strahlung in die Tiefe gelangt, und weil auch der von der Haut absorbierte Bruchteil im Vergleich zu dem von dem zu bestrahlenden Organ absorbierten immer kleiner und so die Haut relativ immer weniger gefährdet ist.

In gleichem Sinne wirkt auch die Vergrößerung des Abstandes zwischen Fokus und Gewebe. Je geringer diese Entfernung ist, um so größer wird die eventuell schädliche Hautdosis im Verhältnis zu der Tiefenwirkung. Denn wenn die Haut z. B. nur den halben Abstand vom Fokus haben würde, wie das unter ihr liegende zu bestrahlende Gewebe, so würde sie schon aus diesem Grunde — einfach wegen der quadratischen Abnahme der Intensität mit der Entfernung — eine viermal so starke Strahlung erhalten wie das letztere — ganz abgesehen davon, daß der Unterschied infolge der Absorption der Strahlung in den zwischen Haut und Organ liegenden Geweben noch viel größer wird.

Trotzdem ist man heute fast allgemein zu einer Verringerung des Fokus-Haut-Abstandes übergegangen, um so die Bestrahlungszeit ganz

wesentlich abzukürzen. Diese Möglichkeit wurde besonders durch die sorgsam ausgebildete Filtertechnik gegeben.

Der Wert der Filterung ist von allen Röntgentherapeuten anerkannt, und zwar hat sich hiefür Aluminiumblech als das bequemste und gleichmäßig beste Material erwiesen.

Der Aluminiumfilter absorbiert die weichen, für die Haut besonders gefährlichen Strahlen und wandelt damit die Strahlung derart um, daß eine für die Tiefentherapie geeignetere, nämlich durchdringendere und spezifisch homogenere Strahlung übrig bleibt.

Das Optimum des Hautschutzes liegt nach G a u ß, L e m b c k e u. a. bei einer Aluminiumfilterdicke von ungefähr 3 mm; bei dieser Filterdicke wird die für die Haut zulässige Erythemdosis erst bei 30 x (anstatt bei 10 x) erreicht (M e y e r); in der B u m m schen Klinik wurden unter 3 mm Aluminium einzelnen Hautbezirken im Laufe von 8 Tagen 350—370 x (!!) zugemutet, ohne daß sich schlimmere Hauterscheinungen als das übliche Erythem entwickelten; dabei fand sich die auffällige und praktisch wichtige Tatsache, daß bei einer Oberflächendosis von 10 x in der Oberfläche 2 x absorbiert werden und trotzdem in 8 cm Tiefe nach 1,5 x zu messen, also wirksam sind.

Sehr wichtig sind außerdem die Versuchsergebnisse von G a u ß und L e m b c k e, daß sich eine gewisse Dosis von Strahlen, die für Tiere unschädlich ist, in derart gefilterter Form für Tiere derselben Größe und Herkunft (Kaulquappen) als tödlich erwies.

Wir wählen also für die Tiefentherapie eine möglichst harte Strahlung (10—12 Wehnelt, Halbwertschicht von 1,5) und härten dann außerdem diese Röntgenstrahlung durch ein 3 mm dickes Aluminiumfilter (ungefähr bis zur H.W. von 2,5). Wir erreichen nach dem obigen 1. einen außerordentlich großen Hautschutz, 2. eine spezifische Homogenität der Tiefenstrahlung, 3. eine Vergrößerung der biologischen Wirkung an sich.

Dabei sei noch erwähnt, daß H. E. S c h m i d t bei seiner großen röntgentherapeutischen Erfahrung Aluminiumfilter von 1 bis höchstens 2 mm Dicke verwendet.

Während die einen das Aluminiumfilter nahe der Röhre anbringen, damit die im Aluminium entstehende Sekundärstrahlung in der Luft absorbiert wird, legen andere zu dem gleichen Zwecke das Filter auf die Haut mit Zwischenschaltung von Leder oder Satrappapier.

Denn wir müssen uns gegenwärtig halten, daß neben den harten gefilterten Primärstrahlen die Sekundärstrahlung des Aluminiums bei oberflächlichen Prozessen, und die Sekundärstrahlung des Körperinnern bei tiefliegenden Prozessen eine Erhöhung der biologischen Wirkung zur Folge hat.

Außer den genannten Autoren haben an der Ausbildung der Tiefendosierung mit genauesten metrischen Bestimmungen besonders K i e n-

böck, Walter, Holzknecht, Albers-Schönberg, Wetterer, Gottschalk, Werner, Fränkel, Meyer u. a. gearbeitet, ferner Dessauer, der das große Verdienst hat, als erster systematisch die sogenannte Homogenbestrahlung als Methode entwickelt zu haben. Bedeutet die Forderung der spezifischen Homogeneität den tunlichsten Ausschluß verschiedener Strahlen in einem Gemisch, so verlangt die räumliche Homogeneität möglichst gleichmäßige Verteilung der Strahlungsintensität an verschiedenen Stellen des Raumes (Christen). Geklärt waren diese Unterschiede noch nicht, als Dessauer seine Homogenbestrahlung inaugurierte, bei der die spezifische Homogeneität besonders durch die Anwendung der räumlichen (sehr großer Abstand) erreicht wurde. Dessauer erstrebte jedenfalls die gleichmäßige Bestrahlung eines Erkrankungsherdes unabhängig von seiner Tiefenausdehnung, unabhängig von seiner Tiefenlage innerhalb des menschlichen Körpers. Die physikalische Lösung dieses Problems fand Dessauer in der gleichzeitigen und kombinierten Benutzung sämtlicher zur Erreichung der Homogeneität notwendigen und nützlichen Mittel: Betrieb sehr harter Röhren aus sehr großen Abständen, geeignete Filtration, Betrieb mehrerer Röhren gleichzeitig, Verlagerung der Patienten, so daß die Strahlung von verschiedenen Seiten eindringen kann.

Nach Dessauer hat sich auch Holzknecht der Lösung dieses Problems, in der Tiefe gleich viel und mehr Röntgenlicht zu applizieren als an der Oberfläche, mit großer Sorgfalt angenommen und an erste Stelle die Bestrahlung eines tiefliegenden Gewebebezirkes von verschiedenen Seiten her gestellt. Schicke ich z. B. von zwei nebeneinanderliegenden Stellen her unter absoluter Abblendung der übrigen Haut Röntgenlicht auf einen tiefsitzenden Herd, so erhalte ich in der Tiefe ungefähr die doppelte Wirkung, während ich die unumgängliche Oberflächenwirkung der Röntgendosis auf zwei Stellen der Haut verteile, usw. — —

Bezüglich der Quantität, der Menge der verabfolgten Röntgenstrahlung wollen wir rekapitulieren, daß sie wächst mit der Größe des getroffenen Körperbezirkes, daß sie proportional ist der Bestrahlungszeit und der Belastung, daß wir also ceteris paribus in der doppelten Zeit auch eine doppelt so große Veränderung hervorrufen. Auch müssen wir uns gegenwärtig halten, daß die Unterbrechungszahl des primären Stroms ungefähr gleichmäßig genommen werden muß, um bei gleicher Bestrahlungsdauer und Belastung gleiche Röntgenlichtdosen zu verabfolgen.

Vor allem bedarf aber noch der sorgfältigsten Beobachtung die Entfernung zwischen Fokus der Röntgenröhre und bestrahltem Gewebebezirk, denn die Oberflächenwirkung und die Fokus-Haut-Entfernung stehen zueinander im umgekehrten quadratischen Verhältnis, d. h. bei doppeltem Fokusabstand von der Haut erreichen wir den gleichen Röntgeneffekt

erst in der vierfachen Zeit. Walters Zahlen sind gewiß manchem willkommen: Bei Fokusabständen von 10 : 14,1 : 17,3 : 20 : 22,4 : 24,5 : 26,4 : 28,3 : 30 cm verhalten sich die Röntgenwirkungen einer Röhre gleicher Härte bei gleicher Belastung umgekehrt, wie 1 : 2 : 3 : 4 : 5 : 6 : 7 : 8 : 9, d. h. in 14,1 cm Entfernung müssen wir dann doppelt so lange bestrahlen als in 10 cm Entfernung, um einen gleich großen Hautbezirk in etwa analoger Weise zu beeinflussen, in 22,4 cm Entfernung fünfmal so lange, in 30 cm Entfernung neunmal so lange.

Eine weitere Verbesserung der Tiefentherapie für manche Zwecke basiert auf dem Nachweis von Schwarz, daß die Röntgenempfindlichkeit der Haut durch anämisierende Kompression (Herabsetzung des Stoffwechsels) wesentlich vermindert werden kann. Dementsprechend sah H. E. Schmidt aus seinen Experimenten, daß die menschliche Haut bei gut ausgeführter Kompression die doppelte Normaldosis verträgt, ohne die geringste Reaktion zu zeigen, daß ferner auch die Stauung desensibilisierend wirkt, wenn auch in geringerem Grade. Er hat deshalb ebenso wie Jessen und Rzewuski eine eigene Vorrichtung[1]) konstruiert, welche der Kompression der Haut bei therapeutischen Tiefenbestrahlungen dient.

Reicher und Lenz benutzen Adrenalinlösung (mittels Injektion oder Kataphorese) zwecks Anämisierung der Haut. Die Haut erträgt dann die doppelte Normaldosis einer weichen Strahlung, bei Tiefenbestrahlung mit harten Röhren die dreifache.

Schließlich hat Alban Köhler eine Metallnetzschutzmethode für Tiefenbestrahlung angegeben, die ebenfalls gestattet, sehr große Dosen — in 5—10facher Menge — dem Körper einzuverleiben.

Nach diesen Ausführungen gehen wir zur Bestimmung der wirklichen Röntgendosen, der Normaldosen über.

Dosimetrie.

Wir geben einem bestimmten Gewebebezirk aus einer bestimmten Röhre (von bekannter Härte und Glasdicke) bei bekannter Unterbrechungszahl aus einer gewissen Entfernung mit einer bekannten sekundären Stromenergie in bestimmter Zeit eine bestimmte Röntgenlichtmenge: analog den medikamentösen Dosierungen sprechen wir auch in der Röntgentherapie von einer Dosis und unterscheiden Oberflächendosen, mit denen wir auf die äußeren Gewebebezirke wirken, von Tiefendosen, mit denen wir tiefere Schichten beeinflussen.

Am Anfang dieses Abschnittes S. 421 hatten wir gesehen, daß es, je nach der Höhe der relativen Überdosierung, nach einer entsprechenden Latenzzeit zu verschieden starken entzündlichen Reaktionen der Haut

[1]) Lieferant: Reiniger, Gebbert & Schall, Erlangen.

kommt, und zwar sahen wir im Stadium I ganz leichte Entzündungserscheinungen in der Haut, die zu gelegentlichem Haarausfall und zu eventueller Pigmentierung führen.

Dieses Stadium, das auch unbeabsichtigt eine harmlose Veränderung darstellt, wird erreicht durch eine bestimmte Röntgenlichtmenge, und diese Röntgendosis, bei tausenden und aber tausenden Bestrahlungen durch sorgsamste Beobachtungen ermittelt, gilt heute schlechthin als die sogenannte „Erythem-, Maximal- oder Volldosis". Zur Charakterisierung der hierfür etwa notwendigen Röntgenlichtmenge erwähne ich, daß Albers-Schönberg diese Erythemdosis bei Verwendung einer „Handröhre", die bei 3—4 Walter durch rechte Belastung konstant bleibt, in 6 Sitzungen zu je 6 Minuten bei einem Fokus-Haut-Abstand von 30 cm erreicht.

Die Größe dieser Erythemdosis ist allen üblichen Meßmethoden zugrunde gelegt, und wir wollen besonders an dieser Stelle hervorheben, daß Holzknecht das große Verdienst gebührt, als erster eine gute Meßmethode erfunden, ausgebaut und zur allgemeinen Benutzung eingeführt zu haben.

Diese von Holzknecht eingeführte Dosimetrie bezeichnen wir als direkte, da wir die Röntgenstrahlenwirkung, in jeder beliebigen Zeit summiert, direkt messen und sofort ablesen an dem Grad einer von derselben Strahlendosis hervorgerufenen anderen chemischen Wirkung. Daß die Wirkungsweise der Röntgenstrahlen, durch Absorption bedingt, beim lebenden Gewebe eine ganz andere ist als bei irgend einem Salz, ist ja ganz selbstverständlich; aber beide Reaktionen stehen in einem bestimmten, ungefähr feststellbaren Parallelismus, und die Festlegung dieser Tatsache an der Hand eines Dosimeters durch Holzknecht im Jahre 1902/3 ist von fundamentaler Bedeutung gewesen und geblieben.

Sein Instrument hatte Holzknecht Chromoradiometer genannt. Es bestand aus einer Standardskala und aus Reagenzkörpern, die durch Röntgenbelichtung eine eigenartig zunehmende Grünfärbung erfuhren. Der Grad dieser Verfärbung wurde bestimmt durch Vergleich mit der Musterskala, die nach Röntgenlichtdosen graduiert war.

Als Einheit der Röntgenlichtmenge (H) hatte Holzknecht eine Menge gewählt, deren Dreifaches genügte, in der Gesichtshaut eine leichte Reaktion hervorzubringen (Holzknecht-Einheit).

Im Laufe der Jahre ist diese direkte Dosimetrie weiter ausgebaut worden. Freund hat die Farbenveränderungen einer Jodoform-Chloroform-Lösung zur Bestimmung der Dosis benutzt; Schwartz benutzt eine Ammoniumoxalat-Sublimat-Lösung für sein Fällungsradiometer; unter dem zersetzenden Einfluß der Röntgenstrahlung bildet sich Kalomel; der Grad der Kalomeltrübung wächst mit dem verabfolgten

Röntgenquantum und bildet das Maß. Drei Testkörperchen, von denen Nr. 1 etwa $1^1/_2$ H, Nr. 2 etwa 3 H und Nr. 3 etwa 5 H entspricht, gestatten einen Vergleich mit der bei jeder Bestrahlung in halber Fokus-Haut-Distanz mitbestrahlten Prüfzelle.

Schließlich haben Sabouraud und Noiré einerseits und Kienböck andererseits zwei Meßmethoden angegeben, die sich heute am meisten in der Praxis eingebürgert haben und vielerorts gemeinsam gebraucht werden.

Die Dosimetrie von Sabouraud und Noiré beruht auf der zunehmenden Verfärbung des Bariumplatincyanürs von Hellgrün in Hellgelb, Gelbbraun und schließlich in Rotbraun unter Einwirkung der Röntgenstrahlen.

Das Radiometer hat die Form eines kleinen Taschenbuches mit zwei Testfarben. Mit der Normalfarbe A müssen die Reagenzpastillen vor der Benutzung hinsichtlich Farbe und Lackierung übereinstimmen. Die Farbe B ist das Vergleichsmaß für die Verfärbung der Reagenzpastille und entspricht der Erythemdosis. Die Reagenzpastille muß in halber Entfernung des Fokus-Haut-Abstandes vor der Antikathode angebracht und zwar entweder in schwarzes Papier eingewickelt werden oder man muß im Halbdunkel operieren.

Der Vergleich der Farbe der Reagenzpastille mit der Testfarbe B geschieht im Tageslicht und ist schnell vorzunehmen, da bei Tageslicht die Verfärbung zurückgeht. Um die Wirkung der Röhrenwärme zu vermeiden, muß die Reagenzpastille mindestens 2 cm von der Röhrenwand angebracht werden, am besten auf einem Metallhalter.

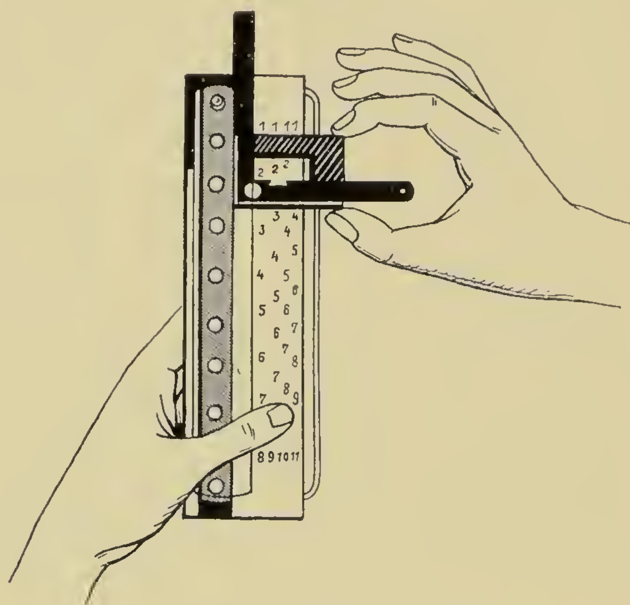
Während Holzknecht die Herstellung seines Chromoradiometers aufgegeben hat, hat er sich des Radiometers von Sabouraud und Noiré zwecks Vervollkommnung der Dosierung angenommen und unter Verwendung des Prinzips der Hämatometer eine vielstufige Skala[1]) konstruiert. In dieser wird das bestrahlte und demgemäß verfärbte Halbscheibchen von Platinbariumcyanür mit einem nicht bestrahlten grünen Halbscheibchen verglichen, das unter einem Farbband verschoben werden kann (Fig. 248). Die Benutzung ist sehr einfach. Holzknecht führt aus: Die Reihe der 10 hellen Scheiben links ist nebensächlich. In Betracht kommt nur der eine helle Kreis auf dem Schlitten, der mit der rechten Hand gefaßt und verschoben wird. Er besteht aus zwei getrennten Hälften.

---

[1]) Erhältlich bei allen größeren Firmen. Durch Vermeidung eines Patentschutzes und durch Anwendung einer neuen Materialtechnik (zelluloidüberkleidetes Metall) konnte der Preis niedrig gehalten werden. Zugleich ist so auch der Schutz der röntgenlichtempfindlichen Teile des Apparates auf die einfachste Weise bewerkstelligt. Wenn man die Skala verkehrt auf den Tisch legt oder an ihrem Haken verkehrt an die Wand hängt, ist sie durch die in ihrem Boden enthaltene dicke Metallplatte geschützt.

Vor der Bestrahlung entnimmt man der Schachtel ein Reagenzstück und verwendet es wie die Sabouraudschen Scheibchen, indem man es in halber Fokus-Haut-Distanz befestigt und mitbestrahlt. Will man nun nachsehen, ob die beabsichtigte Dosis schon erreicht ist, so unterbricht man die Bestrahlung, nimmt das Reagenzstück vor der Röhre weg, schiebt es in den Schlitten der Skala, beleuchtet die Skala mit einer gewöhnlichen Kohlenfadenglühlampe[1]) und schiebt den Schlitten so lange, bis der durch die Röntgenstrahlen gefärbte Halbkreis dem durch das Farbband gefärbten gleich ist, so daß ein einziger homogen gefärbter Kreis auf schwarzem Grund entsteht. Jetzt sieht man zwischen den roten Spitzen der Zeiger hindurch auf die Skala und liest die Zahl ab, die dort steht, z. B. 3 oder ein Strich zwischen 2 und 3, also $2^1/_2$; oder ein Strich näher zu 3, also $2^3/_4$.

Fig. 248.



(Die anderen drei Skalen, auf die der rote Doppelzeiger nicht zeigt, sind dabei überflüssig. Sie werden bei einer anderen Lieferung von Meßkörpern in Betracht kommen, bei denen die Zeiger an einer anderen Stelle angebracht sind. Es gibt eben verschieden empfindliche Präparate von Leuchtschirmen.)

Wollte man so viel und nicht mehr Licht geben, als die Zeiger zeigen, so ist die Bestrahlung beendet. Wenn es zu wenig war, bringt man das Meßstück nochmals vor die Röhre, bestrahlt und wiederholt die Ablesung.

Die Meßkörper aller direkten Meßapparate werden in dem symmetrisch zum Bestrahlungsfeld gelegenen Meßfeld der Lampe angebracht. Tut man das nicht, so ist die Messung wegen der verschiedenen

[1]) Tageslicht ist unbrauchbar, weil es die Kontraste verringert. Auch soll man der beleuchtenden Glühlampe nicht allzu nahe kommen. Sie sei zu Häupten (übermannshoch) oder im Rücken des Ablesenden angebracht.

Lichtemission an verschiedenen Stellen der Röhre ein wenig fehlerhaft (Kienböck).

Da das Meßstückchen von den Strahlen voll getroffen werden soll, wird es am besten an der Röhre parallel zur Glaswand befestigt.

Als einfache Improvisation eines Meßstückträgers empfiehlt Holzknecht einen doppelt gebrochenen Kartonstreifen ⌐|_|¬ von entsprechenden Dimensionen, der mit Heftpflaster an die Röhrenkugel geklebt wird. Der eigentliche Meßstückträger von Holzknecht wird mit einer Gurtschnalle am Röhrenhals befestigt, die notwendige Distanz wird durch einen biegsamen Draht gegeben.

Will man sehr hohe (übermaximale) Dosen applizieren, die an der Skala nicht oder nicht genau abgelesen werden können, so befestigt man das Meßstück statt in halber Fokus-Haut-Distanz in Hautdistanz am Körper selbst. Die abgelesenen Dosen haben dann den vierfachen Wert: 2 bedeutet 8, 3 = 12, 4 = 16 H.

Übrigens hat H. E. Schmidt als erster darauf aufmerksam gemacht, daß man mit dem Radiometer von Sabouraud und Noiré richtig dosiert bei einer Strahlung von mittlerer Penetrationskraft, unterdosiert bei einer Strahlung von großer Penetrationskraft, überdosiert bei einer Strahlung von geringer Penetrationskraft. Danach muß man sich richten.

Da nun der Fokus innerhalb der Röhre liegt, so kann natürlich der Fokus-Haut-Abstand und der Fokus-Sabouraud-Abstand nicht direkt gemessen werden. Wir müssen also den äußeren Abstand zwischen Röhrenwand und Körper und den inneren Abstand zwischen Fokus und Röhrenwand addieren. Bei allen Röhren, bei welchen das Antikathodenblech in der Mitte der Röhrenkugel steht, geschieht dies am einfachsten mit dem von mir angegebenen Meßband[1]). Man legt dieses um den Äquator der Röhre und liest dann den Radius auf dem Meßband direkt ab.

Den äußeren Abstand mißt man mit dem Zentimetermaß oder einem der angegebenen Abstandsmesser. (Einen bequemen Tasterzirkel[1]) mit Skala habe ich zu diesem Zwecke angegeben; praktisch ist auch der Distanzmesser von Holzknecht.)

Die benutzten Testkörper entfärben sich im Tageslicht wieder, was bei mittlerer Helligkeit 24 Stunden in Anspruch nimmt. Man improvisiert einen Ständer für das Bleichen aus einem Korkbrettchen, an dem man die Meßstücke mittels der in ihrem Karton angebrachten Löcher mit Stecknadeln befestigt. Die gebleichten Meßstücke werden in einer strahlendichten Schachtel für weiteren Gebrauch verwahrt (kleine bleiblechausgekleidete Plattenschachtel) und dürfen 4—5mal benutzt werden. Die Entfärbbarkeit ist keine vollständige, nach mehrmaligem Ge-

---

[1]) Lieferant: Reiniger, Gebbert & Schall.

brauch bleibt eine Residualfarbe zurück. Sie rührt von der Erwärmung beim Bleichen (Sonne und Sonnenwärme) und beim Bestrahlen (Röhrenwärme) her. Um sie tunlichst zu vermeiden, sollen die Testkörper nicht in der Sonne oder auf sonnendurchwärmten Fensterbrettern, sondern auf tragbaren Ständern entfärbt werden.

Bleibt beim Bleichen eine Restfarbe zurück, so wird die Messung dadurch bei Anwendung der Skala nicht merklich ungenauer, allerdings muß man die Restfarbe mit der Skala bestimmen, notieren und zur beabsichtigten Dosis hinzuzählen resp. von der erreichten abziehen.

Als allgemeine Dosierungsregel empfiehlt Holzknecht: Man appliziere überall etwas weniger als diejenige Menge, welche zur leichten entzündlichen Hautreaktion führt, also suberythematöse Dosen. Nach seinen Erfahrungen empfiehlt deshalb Holzknecht, um ohne Reaktion das Maximum der Wirkung auf die Oberfläche zu erreichen: Bei Erwachsenen mittleren Lebensalters

im Gesicht 2 H,
am Kopf 3 H,
am Stamm 3,5—4 H,
bei Kindern 1,2 resp. 3 H,
bei Greisen 3,4 resp. 5 H.

Diese Sabouraud-Holzknecht-Dosen sollen in einmaliger Sitzung oder in mehrfachen gegeben werden, um darauf in dreiwöchiger Pause den therapeutischen Effekt abzuwarten und dann eventuell von neuem zu bestrahlen.

Hans Meyer-Kiel hat auf Grund langjähriger klinischer Erprobung und Vervollkommnung seine Dosierungsmethode auf dem bekannten Gesetz aufgebaut, daß die Oberflächenwirkung und die Fokus-Haut-Entfernung zueinander im umgekehrten quadratischen Verhältnis stehen (vgl. S. 420 und 421). So gelingt es, jede beliebige Teildosis der Maximaldosis nach Sabouraud-Noiré (= 10 x Kienböck) einem bestimmten Hautbezirk zu applizieren, wenn man bei gleichbleibender Röntgenstrahlenqualität und -quantität die Haut-Fokus-Distanz vergrößert, während das Dosimeter an seiner Stelle bleibt. Meyer mißt auf diese Weise durch Einstellen verschiedener Haut-Fokus-Entfernungen und durch eine besonders eingerichtete Einstellvorrichtung[1]) für das Dosimeter im Röhrenschutzkasten exakt Bruchteile der Erythemdosis.

Für die Tiefentherapie verfährt Meyer umgekehrt: er variiert die Fokusdosimeterdistanz, d. h. die Entfernung des Dosimeters vom Emissionszentrum der Strahlen, während die Fokus-Haut-Distanz unverändert bleibt.

[1]) Lieferant aller nötigen Teile mit genauen Vorschriften: Firma Pohl, Kiel. Hospitalstr. 27.

Es sind Tabellen ausgearbeitet, aus denen man nur die der Dosis entsprechende Distanz abzulesen braucht, in der die Röntgenröhre oder das Dosimeter eingestellt wird. Die Bestrahlung dauert jedesmal so lange, bis die Teinte B des Sabouraud erreicht ist.

Die bisher beschriebenen Dosimeter nennt man offene, weil man bei ihrem Gebrauch die verabfolgte Dosis direkt ablesen kann und muß. Im Gegensatz hierzu wird bei den quantimetrischen Verfahren von Kienböck die Dosis registriert und kann während der Bestrahlung nicht abgelesen werden.

Kienböck beschreibt in seinem ausgezeichneten Buche[1]) sein Quantimeterverfahren mit folgenden Worten: Zur Dosenmessung wird die radiochemische Wirkung der Röntgenstrahlen auf die photographische Schichte ausgenutzt. Man verwendet Chlorbromsilbergelatinepapier von bestimmter Empfindlichkeit, Quantimeterpapier; von diesem werden schwarz kuvertierte Streifen für die Dauer der therapeutischen Sitzung auf der Haut mitbestrahlt und während einer Unterbrechung oder nach der Sitzung in der Dunkelkammer einer bestimmten Entwicklung mit nachfolgender Fixierung unterzogen. Die Entwicklung des Streifens geschieht mit Entwickler von vorgeschriebener Zusammensetzung bei Zimmertemperatur (18° C.) eine Minute lang, wodurch sich das Reagenzpapier um so dunkler grau färbt, je größere Lichtmengen absorbiert wurden. Aus dem Entwickler wird der Streifen nach raschem Eintauchen in Wasser in eine gewöhnliche Fixierlösung gebracht, wo er auch nur kurz verweilt und die Färbung des Papiers lichtbeständig wird. Der Streifen wird nun noch feucht oder nach dem Trocknen mit der Normalskala verglichen. Diese besteht aus demselben photographischen Papier wie der Reagenzstreifen und ist von der Fabrik durch stufenweise Belichtung mit bestimmten, graduierten Glühlichtmengen 1—20 und durch nachfolgende Entwicklung hergestellt, zeigt demnach eine ganze Reihe stufenweise dunkler werdender Felder. Diese geben in quantimetrischen Einheiten, x genannt, Röntgenlichtdosen an[2]).

Zur Abschätzung der in der Tiefe absorbierten Röntgenlichtmenge bedeckt man einen Teil des kuvertierten Quantimeterpapierstreifens mit Aluminiumplättchen von 1 mm, von 2 mm oder von mehr mm Dicke. Der unter dem Aluminium nach der üblichen Entwicklung erscheinende Schwärzungsgrad entspricht dann annähernd der Röntgentiefendosis, die in der 1 cm, in der 2 cm oder mehr cm tiefen Gewebsschicht appliziert wurde.

Die Röntgenlichteinheit 1 x entspricht beiläufig der halben Holz-

---

[1]) Radiotherapie von R. Kienböck, Verlag von Ferdinand Enke, Stuttgart 1907.

[2]) Quantimeterpapier, Kuverts und Skala zu beziehen von Reiniger, Gebbert & Schall, Erlangen.

knecht-Einheit. 2 x = 1 H; 10 x = 5 H = einer Maximaldose Sabouraud-Noiré. 1 x ist eine kleine radiotherapeutische Dose, die man in den meisten Fällen täglich bis zum Auftreten von Hautreaktion applizieren kann; 8—12 x stellen die häufigsten Normaldosen für Vollsitzungen dar.

Das quantimetrische Verfahren hat im Vergleich mit den anderen Dosimetern Vor- und Nachteile. Die Vorteile bestehen unter anderen in der größeren Genauigkeit der Messung, in der Möglichkeit, geringe Lichtdosen zu bestimmen, in der Haltbarkeit des Reagens. Der Nachteil des quantimetrischen Verfahrens besteht in der Notwendigkeit einer sorgfältigen Entwicklung.

Bei schwachen therapeutischen Bestrahlungen kommt man mit dem Quantimeter aus, weil man keine Überdosierung riskiert; man braucht den Streifen nicht gleich zu entwickeln, kann vielmehr behufs Ersparnis die in einer größeren Reihe von Fällen exponierten Reagenzstreifen mittels eigener breiter Klammern gemeinsam entwickeln, wodurch man zahlreiche Streifen in wenigen Minuten erlangt.

Bei großen Dosen, Normaldosen, dagegen müßte man die Sitzung behufs Entwicklung wiederholt unterbrechen; daher empfiehlt es sich, dabei außer dem Quantimeter (geschlossenes Dosimeter) noch das Milliamperemeter nebst Minutentabellen, die wir noch kennen lernen werden, und ein offenes Dosimeter als Indikator zu benutzen.

Während bei den offenen Dosimetern die nach Bestrahlung entstehenden Farben nicht haltbar sind, besitzen die entwickelten und fixierten Quantimeterpapierstreifen unbeschränkte Haltbarkeit, sie eignen sich daher für vergleichende wissenschaftliche Untersuchungen und, da sie ein bleibendes Dokument der verabreichten Dose liefern, auch für forensische Fälle, wo die im Bestrahlungsprotokoll aufbewahrten Reagenzstreifen von großer Bedeutung sein können.

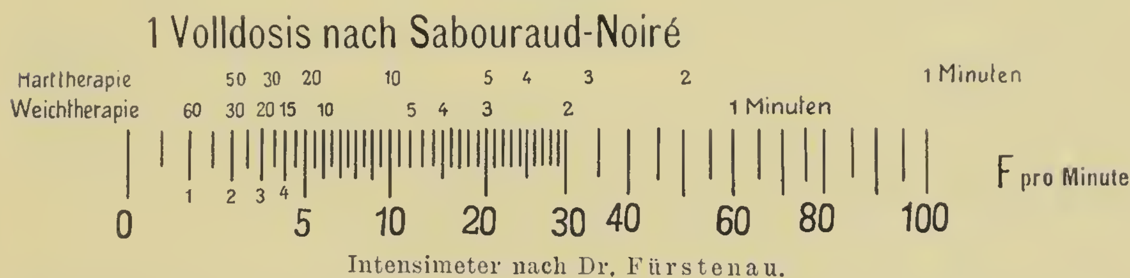
Auf dem Kongreß 1913 haben Meyer und Christen Mitteilungen gemacht über ein neues Instrument, Iontoquantimeter genannt, welches von Reiniger, Gebbert & Schall konstruiert ist. — Die Röntgenstrahlen haben die Eigenschaft, daß sie die Luft, welche sie durchsetzen, ionisieren, d. h. deren elektrischen Leitungswiderstand herabsetzen. Das Iontoquantimeter besteht aus einer Ionisationskammer, welche auf der Haut zu befestigen ist, einer gut isolierten Leitung, welche vom Patienten hinter die Schutzwand führt, und einem Elektrometer, dessen Nadel die Ladung des Instrumentes anzeigt. Eine kleine Elektrisiermaschine dient zur Herstellung einer Ladung, welche so bemessen ist, daß die Elektrometernadel auf Null einsteht. Dort

bleibt sie unerschütterlich fest stehen, solange die Luftkammer nicht ionisiert wird. Dringen aber Röntgenstrahlen durch die Ionisationskammer, so beginnt die Elektrometernadel allmählich zu wandern. Die Skala ist nach Kienböck-Einheiten geteilt, und diese Teilung gilt für mittlere Härtegrade. Die Elektrometernadel bewegt sich stetig von Null über 1 x, 2 x, 3 x usw. Ist die gewollte Dosis erreicht, so wird die Bestrahlung unterbrochen. Um für alle Härtegrade Geltung zu erhalten, sollen mehrere Skalen angebracht werden, von denen jede für einen bestimmten Härtegrad Geltung hat[1]).

Fürstenau hat sich bei seinem Meßapparat, genannt Intensimeter, die Wirkung der Röntgenstrahlung auf die Selenzelle zunutze gemacht. (Diese Wirkung wurde von Forster entdeckt und besteht darin, daß sich unter dem Einfluß der Röntgenstrahlen der Widerstand einer Selenzelle verändert.)

Das Intensimeter verzeichnet die Wirkung jeder beliebigen Röhrenstrahlung (entsprechend Qualität und Quantität) durch Vermittlung eines

Fig. 249.



Intensimeter nach Dr. Fürstenau.

Strahlenempfängers (ohne oder unter Filter) an einer sorgfältig ausgearbeiteten Skala.

Das Intensimeter besteht aus einer Auffangdose, welche in ihrem Inneren die als Strahlenempfänger dienende Selenzelle enthält, und welche sich am Ende einer 5 m langen Schnur befindet, so daß die Auffangdose an jede beliebige Stelle des Röntgenzimmers gebracht werden kann, und dem eigentlichen Meßinstrument, welches an strahlengeschützter Stelle aufgestellt und abgelesen wird. Das Meßinstrument enthält in seinem Inneren ein Magnetsystem, in dessen Kraftfeld sich eine Spule befindet, die um eine Achse drehbar ist. Mit dieser steht in Verbindung ein Zeiger, welcher über der Skala (Fig. 249) spielt.

Liegt nun die Auffangdose bei Oberflächentherapie ohne Filter in der Fokus-Haut-Distanz, und zeigt der Zeiger vor der Skala z. B. 30, so lesen wir in den Minutentabellen für Weichtherapie die Zahl 2; das bedeutet, wir müssen bei der derzeitigen Belastung und Röhrenqualität (mittlere Härte, 6,5—7,5 We) 2 Minuten bestrahlen, um die Sabouraud-Dosis = 10 x in der Hautschicht zu erreichen. Lag dagegen bei Tiefen-

[1]) Aus Christen, Messung und Dosierung der Röntgenstrahlen. Hamburg 1913, Lucas Greife & Sillem (S. 61 u. 118).

therapie die Auffangdose z. B. unter 3 mm Aluminiumfilter im Banne harter Strahlen, so lesen wir in der Minutentabelle für Harttherapie (wieder Zeigerstellung 30 angenommen) die Zahl $3^1/_3$; wir müssen also mehr als 3 Minuten bestrahlen, um unter dem Filter 10 x zu erzielen.

Wir sehen hieraus, wie einfach sich der Gebrauch des Intensimeters Fürstenau gestaltet; es bedeutet eine große Erleichterung und Sicherheit und damit einen großen Fortschritt in der Röntgendosierung.

Außer der direkten Dosimetrie haben wir noch die sogenannten indirekten Meßmethoden, bei denen nicht eine Wirkung der Röntgenstrahlen selbst, sondern vielmehr eine mit ihrer Erzeugung in unmittelbarem Zusammenhang stehende Erscheinung der Messung unterworfen wird: so die Wärmemeßmethode nach Alban Köhler und die Milliamperemetermethode (Gaiffe, Walter).

Die Dosierungsmethode von Köhler beruht darauf, die Intensität der Röntgenstrahlen nach dem Grade der Erwärmung der Röntgenröhre zu beurteilen. Die Wärme, die die Röntgenstrahlen bei ihrem Auftreffen auf einen Gegenstand hervorbringen, ist bekanntlich praktisch gleich Null, wohl aber ist die Wärmewirkung der Kathodenstrahlen eine sehr erhebliche. Da nun in jedem Falle die Intensität der Röntgenstrahlen proportional der Intensität der Kathodenstrahlen anzunehmen ist, so wird bei dem Köhlerschen Meßverfahren (mit der sogenannten Thermometerröhre[1]) auf die Menge der emittierten Röntgenstrahlen aus der größeren oder geringeren Wärmeentwicklung an der Antikathode geschlossen. Zu diesem Zwecke ist in einer Einbuchtung der Kathodenhalbkugel eines festgelegten Röhrenmodells ein von Metallpulver umgebenes Thermometer angebracht. Die Bestimmung der Belichtungszeit geschieht nach dem Anstieg des Thermometers zwischen der 5. und 10. Minute. Steigt das Thermometer z. B. in dieser Zeit um 9°, so besagt eine beigegebene, durch empirische Versuche festgestellte Skala, daß im ganzen in dieser Sitzung 19,5 Minuten zu bestrahlen ist, um bei einer Hauterkrankung eine Entzündung mäßigen Grades hervorzubringen. Vorschrift ist immer eine Haut-Röhrenwand-Distanz von 5 cm. (Nach Walter ist die Erwärmung der Röhrenwand nicht durch die Wärmeausstrahlung der Antikathode, sondern durch die sekundären Kathodenstrahlen bedingt. Da übrigens die Intensität der sekundären Kathodenstrahlen proportional der der primären sein dürfte, so würde durch diesen Umstand das Prinzip der Methode gar nicht berührt.) Die Thermometerröhre ist in vielen Instituten in Gebrauch und die Dosierung an der Hand der Skala recht einfach und sicher; der elektrolytische Unterbrecher wird übrigens hierbei nicht empfohlen.

[1]) Lieferant: Reiniger, Gebbert & Schall, Erlangen; vgl. Fig. 73 S. 134.

Wir kommen nunmehr zu der sogenannten Milliamperemeter-meßmethode (Gaiffe-d'Arsonval), die von vielen Forschern angewandt wird. Walter hat sie eingehend studiert und kommt auf Grund seiner Untersuchungen zu den gleichen Resultaten bezüglich der Erythemdosis wie Kienböck.

Walter führt aus, daß sich die Dosierung der Röntgenstrahlen nach dem heutigen Stand der Technik in genauester und bequemster Weise dadurch bewerkstelligen läßt, daß man einesteils den durch die Röntgenröhre hindurchgeschickten elektrischen Strom mit Hilfe eines Drehspulmilliamperemeters und andernteils die Härte der Röhre mit Hilfe einer der bekannten Härteskalen mißt. Bequem ist dieses Verfahren vor allem auch deshalb zu nennen, weil man die Härte und die Belastung der Röhre sowieso stets berücksichtigen muß, und also zur Dosierung eigentlich nichts weiter notwendig ist, als die Bestrahlungszeit und den Fokus-Haut-Abstand zu messen.

Voraussetzung ist allerdings, daß in dem Stromkreis, in dem sich die Röntgenröhre und das Milliamperemeter befinden, kein verkehrt gerichteter Strom — bei Induktorbetrieb also kein Schließungsstrom — vorhanden ist. Ferner spielen für die Dosierung eine Rolle die Art des Metalls der Antikathode (denn die vorn platinierten Antikathodenmetalle geben die meisten Röntgenstrahlen) und die verschiedene Glaswanddicke bei verschiedenen Röhren.

Aus dem Produkt von Stromstärke und Expositionszeit (= aufgewandter Elektrizitätsmenge) berechnete Walter sehr sorgsam für die verschiedenen Glasdicken und für verschiedenen Fokus-Haut-Abstand unter Kontrolle der Sabouraud-Noiréschen Reagenzkörper die Werte der Erythemdose für senkrecht getroffene Hautflächen in seinen Milliampereminuten, gemäß seiner folgenden Tabelle.

Röhrenhärte	2			3			4			5			BW
Fokus-Haut-Abstand	Glasdicke			Glasdicke			Glasdicke			Glasdicke			
cm	0,4	0,6	0.8	0.4	0.6	0.8	0.4	0.6	0.8	0.4	0.6	0.8	mm
10	14	20	28	7,1	9.5	13	4.9	6,4	8.5	3.8	4.6	5.7	Milliampere-minuten
15	32	44	64	16	21.5	29	11	14.5	19	8,5	10.4	12.8	
20	57	81	114	28,5	38	52	19.5	25.5	34	15,2	18,6	22.8	
25	90	128	180	45	60	83	30,5	40	56	23,7	29	35,5	
30	129	184	258	64	86	118	44	58	76	34	41,5	51	
35	175	250	350	87	117	160	60	79	104	46.5	57	70	
40	229	328	458	114	153	209	78	102	136	61	74.5	91	

Hat man es also mit einer Röntgenröhre der beschriebenen Art zu tun, deren Glasdicke an der von den benutzten Strahlen durchsetzten

Stelle z. B. 0,6 mm ist, so darf man, wenn man bei der Röhrenhärte 5 BW und einem Fokus-Haut-Abstand von 20 cm keine stärkere Schädigung einer normal getroffenen Hautfläche hervorrufen will, im ganzen nur 18,6 Milliampereminuten die Röhre betreiben. Bei Stromstärken von bzw. $^1/_2$, 1 und 2 Milliampere z. B. darf man also nicht länger als 37,2, bzw. 18,6 und 9,3 Minuten bestrahlen.

Zu ganz analogen Resultaten wie Walter bezüglich der Bestrahlungszeiten kommt Kienböck. Er geht davon aus, daß bei einer Röntgenröhre von mittelweichem Licht (5 BW) und mittlerer Unterbrechungszahl bei $^1/_{10}$ Milliampere in der günstigsten Strahlenrichtung Röntgenlicht von 1 E nach außen gesendet wird, d. h. die Dezimilliamperezahl gibt den E-Wert an. Dabei versteht Kienböck unter 1 E als Einheit jene Oberflächenwirksamkeit, durch welche bei 5 cm Distanz vom Fokus in 1 Minute die quantimetrische Oberflächendose 1 x geliefert wird (i. e. $^1/_{10}$ Sabouraud-Noirésche Maximaldose). So kommt Kienböck zu folgenden Minutentabellen:

E 2°.

x	1	2	3	4	5	6	8	10
cm								
10	2	4	6	8	10	12	16	20
12	3	6	9	12	15	18	24	30
14	4	8	12	16	20	24	32	40
16	5	10	15	20	25	30	40	50
18	**6**	**12**	**18**	**24**	**30**	**36**	**48**	**60**
20	8	16	24	32	40	48	64	80
30	18	36	54	42	90	108	144	180
40	32	—	—	—	—	—	—	—
50	—	—	—	—	—	—	—	—

E 4°.

x	1	2	3	4	5	6	8	10
cm								
10	1	2	3	4	5	6	8	10
12	1	3	5	6	7	9	12	15
14	2	4	6	8	10	12	16	20
16	2	5	8	10	12	15	20	25
18	**3**	**6**	**9**	**12**	**15**	**18**	**24**	**30**
20	4	8	12	16	20	24	32	40
30	9	18	27	36	45	54	72	90
40	16	32	48	—	—	—	—	—
50	25	50	—	—	—	—	—	—

E 6°.

x	1	2	3	4	5	6	8	10
cm								
10	—	1	2	2	3	4	5	7
12	1	2	3	4	5	6	8	10
14	1	2	4	5	7	8	11	13
16	1	3	5	7	8	10	13	17
18	**2**	**4**	**6**	**8**	**10**	**12**	**16**	**20**
20	3	5	8	11	13	16	21	27
30	6	12	18	24	30	36	48	60
40	11	21	32	43	53	—	—	—
50	17	33	50	—	—	—	—	—

E 8°.

x	1	2	3	4	5	6	8	10
cm								
10	—	1	1	2	2	3	4	5
12	1	1	2	3	4	5	6	8
14	1	2	3	4	5	6	8	10
16	1	2	3	5	6	8	10	14
18	**1**	**3**	**4**	**6**	**7**	**9**	**12**	**15**
20	2	4	6	8	10	12	16	20
30	4	9	14	18	22	27	36	45
40	8	16	24	32	40	48	64	80
50	12	25	37	50	—	—	—	—

E 10°.

x	1	2	3	4	5	6	8	10
cm								
10	—	—	—	1	2	2	3	4
12	—	1	1	2	3	3	5	6
14	1	1	2	3	4	5	6	8
16	1	2	3	4	5	6	8	11
18	**1**	**2**	**3**	**4**	**6**	**7**	**10**	**13**
20	1	3	5	6	8	10	13	16
30	3	7	11	14	18	22	30	36
40	6	12	18	24	30	36	48	60
50	10	20	30	40	50	60	75	100

E 20°.

x	1	2	3	4	5	6	8	10
cm								
10	—	—	—	—	1	1	1	2
12	—	—	—	1	1	1	2	3
14	—	—	1	1	2	2	3	4
16	—	1	1	2	3	3	4	6
18	**1**	**1**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**7**
20	1	2	2	3	4	5	7	9
30	2	3	5	7	9	11	15	18
40	3	6	10	12	15	20	28	36
50	5	10	15	20	25	36	40	50

Zum richtigen Lesen dieser Tabellen, die sich jeder leicht für die Zwischenstufen der E = DMA-Werte vervollständigen kann, noch ein paar Beispiele.

Bei einer mittelweichen Röhre (5 BW), mittlerer Unterbrechungszahl und einem Fokus-Haut-Abstand von jedesmal 20 cm erreichen wir eine Erythemdosis (8—10 x)

bei 0,2 MA (E 2°) in 64—80 Minuten;
bei 0,6 MA (E 6°) in 21—27 Minuten;
bei 1 MA (E 10°) in 13—16 Minuten;
bei 2 MA (E 20°) in 7—9 Minuten.

Wir müssen uns ferner nach Kienböck merken, daß im allgemeinen bei weicherem Licht 1 Dezimilliampere eine geringere, bei härterem eine größere Intensität E bedeutet: bei BW 4 entspricht 1 DMA $^1/_4$ E, 2 DMA $^1/_2$ E, 8 DMA 2 E; BW 6: 1 DMA 2 E, 2 DMA 4 E usw. Doch verhalten sich verschiedene Röhren (nach Antikathodenmetall, Glasdicke) verschieden, so daß viele Forscher (z. B. Kienböck, Walter, Klingelfus, Schmidt) ausdrücklich empfehlen, jede Röhre zuerst mit Hilfe eines direkten Dosimeters zu eichen, um dann bei gleicher Härte, gleicher Belastung usw. stets den gleichen Effekt zu erreichen.

Kromayer beschreibt seine Milliamperezentimetermethode folgendermaßen:

In den sekundären Stromkreis ist ein Milliamperemeter und eine Funkenstrecke eingeschaltet, die stets so zu stellen ist, daß bei einer gegebenen Stärke des Primärstroms das Milliamperemeter den relativ größten Ausschlag aufweist. Man erhält auf diese Weise ein relatives Maß der sekundären Stromstärke. Um die Spannung des sekundären Stroms zu messen, dazu dient die parallele Funkenstrecke, die bei einer gegebenen Stärke des Primärstroms so einzustellen ist, daß gerade eben ein kontinuierliches Funkenbündel überspringt. Zeigt nun beispielsweise das Milliamperemeter einen Ausschlag von 0,4 Milliampere und beträgt die

parallele Funkenstrecke 15 cm, so erhält man aus dem Produkt von 0,4 und 15 gleich 6 einen Vergleichswert für die elektrische Energie, welche die Röntgenröhre passiert. Ich bezeichne diese Energie mit „Milliamperezentimeter".

Eine Röntgenröhre, die mit 6 Milliamperezentimeter betrieben wird, liefert bei 2000 Unterbrechungen in einer Minute (Quecksilberstrahlunterbrecher) in einem 15 cm betragenden Abstande der Antikathode von dem zu bestrahlenden Objekte während einer zehn Minuten dauernden Bestrahlung eine Normalröntgendosis = zwei Drittel Sabouraud-Noiré. Eine bis zwei dieser Normalröntgendosen genügen in der Regel, um Haarausfall zu erzeugen, zwei bis drei Dosen, um eine Dermatitis ersten Grades hervorzurufen.

Bei mittelweichen bis harten Röhren bedeuten 6 Milliamperezentimeter annähernd die gleiche Röntgenlichtmenge, gleichviel, ob sich dieses Produkt aus höheren Milliamperen und kleinerer Funkenstrecke (weichere Röhren) oder niedrigeren Milliamperen und größerer Funkenstrecke, z. B. 0,3 Milliampere und 20 cm Funkenstrecke (härtere Röhren), ergibt. Ganz weiche Röhren, die z. B. 2 Milliampere und 3 cm Funkenstrecke aufweisen, haben in ihren 6 Milliamperezentimetern eine geringere Röntgenenergie. Wenn Kromayer unter 25 000 therapeutischen Bestrahlungen nicht eine einzige Überdosierung erlebte, so ist dies jedenfalls ein Beweis für die Sicherheit seiner Methode an seinem Apparat.

Bei einem anderen Apparatkomplex müßte man die Normaldosis erst wieder in Milliamperezentimetern mit Hilfe des Sabouraud-Noiré festlegen. Das ist ja sehr einfach.

Hier, wie überhaupt, spielt die richtige Belastung der Röntgenröhre die größte Rolle. Ich wiederhole an dieser Stelle: Wird eine Röhre zu stark belastet, so tritt eine zu hohe Erhitzung der Antikathode und des ganzen Röhreninnern ein, und die hier gebundenen Gasmengen werden so reichlich frei, daß die Röhre im augenblicklichen Gebrauch schnell weich wird. Das Milliamperemeter zeigt eine zunehmende Milliamperezahl, eine parallel geschaltete Funkenstrecke müßte verkleinert werden, um noch Funken übertreten zu lassen, das Qualimeter von Bauer gibt einen abnehmenden Zeigerausschlag.

Wird die Röntgenröhre zu gering belastet, so werden umgekehrt Gasteile gebunden; die Erhitzung der Antikathode und des Röhreninnern ist aber so minimal, daß von den hier gebundenen Gasteilen zu wenig frei werden, die Röhre wird im augenblicklichen Gebrauch härter. Dementsprechend sinkt die Milliamperezahl, die parallele Funkenstrecke läßt zu viel Funken übertreten, das Qualimeter zeigt einen höheren Zeigerausschlag.

Über- und Unterbelastung machen außerdem noch die Röhre vor der Zeit hart.

Bei richtiger Belastung hält sich das Freiwerden von Gas durch die Erhitzung und die Bindung von Gas durch den Stromdurchgang das Gleichgewicht; die drei Meßinstrumente zeigen die Konstanz der Röhre dadurch an, daß ihre Angaben gleich bleiben.

Während die meisten Röntgentherapeuten bei jeder einzelnen Sitzung ein direktes Dosimeter benutzen, verfahren H. E. Schmidt[1]), Klingelfus u. a. derart, daß sie nur einmal mittels eines direkten Dosimeters eine Röhre ausdosieren und dann immer unter den gleichen Betriebsverhältnissen halten. Schmidt beschreibt seine Eichmethode folgendermaßen: Die Eichung selbst ist sehr einfach, wenn man erst einmal die geeignete Belastung für die Röhre herausgefunden hat.

Hält sich z. B. eine mittelweiche Röhre von 6 Wehnelt konstant, wenn der Hebel am Rheostaten für den Primärstrom auf dem 6. Kontaktknopf steht, und das Milliamperemeter zeigt bei dieser Belastnng 1, während die parallele Funkenstrecke 6 cm beträgt oder das Qualimeter Bauer 6 zeigt, so weiß man genau, daß sich die Quantität und Qualität der Strahlung nicht ändern kann, solange diese Werte konstant bleiben. Man legt dann die Sabouraud-Noiré-Tablette auf ein Bleiblech, bringt die Röhre so darüber an, daß die Längsachse der Röhre parallel zur Tischplatte steht, auf welcher die Tablette liegt, und ein von der Mitte des Antikathodenspiegels auf die Tischplatte gefälltes Lot gerade die Tablette treffen würde. Wählt man die Entfernung der Tablette von der Glaswand der Röhrenkugel 2 cm, und beträgt der Durchmesser der Röhrenkugel z. B. 12 cm, so befindet sich die Tablette $2 + 6 = 8$ cm vom Fokus entfernt. Man muß demnach die Fokus-Haut-Distanz $2 \times 8 = 16$ cm groß wählen.

Man schaltet nun die Röhre ein, läßt sie 5 Minuten laufen und sieht dann nach, wie weit die Färbung der Reagenztablette vorgeschritten. Während der Bestrahlung selbst muß die Tablette vor der Einwirkung grellen Tageslichtes geschützt, eventuell in lichtdichtes schwarzes Papier eingewickelt sein.

Ist die Färbung, welche der Volldosis (Teinte B) entspricht, nach 5 Minuten noch nicht erreicht, was meistens der Fall sein dürfte, so wird wieder 5 Minuten lang bestrahlt und wiederum mit der Skala verglichen. Je mehr sich die Gelbfärbung der Tablette der Teinte B nähert, desto kürzer muß man die Bestrahlungen wählen, um zu vermeiden, daß die Teinte B plötzlich schon überschritten ist.

Braucht man beispielsweise 20 Minuten, um diese Teinte B unter den ebengeschilderten Betriebsverhältnissen zu erreichen, so heißt das nicht immer, daß sich die Röhre 20 Minuten lang konstant hält, sondern man muß der Röhre, wenn die Antikathode nicht sehr kräftig ist, eben

---

[1]) H. E. Schmidt, Kompendium der Röntgentherapie, III. Auflage, Berlin 1913, Verlag von August Hirschwald.

alle 5—10 Minuten eine kleine Ruhepause zum Abkühlen gönnen, die etwa $^1/_2$—1 Minute beträgt; erst dadurch wird es möglich, die Röhre auch für längere Betriebsdauer konstant zu halten.

Das Nationale der Röhre wird am besten auf einen Zettel geschrieben und dieser am Kathodenhals festgeklebt.

In dem vorstehend geschilderten Fall würde man z. B. notieren: 6 Wehnelt, 1 Milliampere, 6 cm parallele Funkenstrecke, 10 cm Glas-Haut-Distanz, Teinte B in 20 Minuten. Eventuell kann man noch hinzufügen, bei welcher primären Belastung man diese sekundären Werte erhält, also z. B.: primär 6. Kontaktknopf. Dann ist man über die Wirksamkeit der betreffenden Röhre, welche man wochen-, mitunter monatelang unter den gleichen Bedingungen halten kann, jederzeit orientiert. Man wird z. B. 20 Minuten (4 × 5 oder 2 × 10 Minuten) bestrahlen, wenn man die volle Erythemdosis (1 E.-D.), 10 Minuten (ev. 2×5 Minuten), wenn man $^1/_2$ E.-D., 5 Minuten, wenn man $^1/_4$ E.-D. applizieren will.

Genau so wie bei mittelweichen wird auch bei harten Röhren verfahren. Dort wird die dem Widerstand der Röhre entsprechende parallele Funkenstrecke resp. der Zeigerausschlag des Qualimeters natürlich immer erheblich größer sein, um so größer, je härter die Röhre.

Bei härteren Röhren muß man ferner berücksichtigen, daß man noch nicht 1 E.-D. appliziert hat, wenn man so lange exponiert, wie zum Erreichen der Teinte B erforderlich war. Nach meinen Erfahrungen muß man z. B. bei 10 Wehnelt etwa doppelt so lange bestrahlen, bei 2 Wehnelt anderseits nur etwa halb so lange.

Wir sind uns also klar, was wir unter einer Voll-, Maximal- oder Erythemdosis auf Grund der direkten Dosimeter (= 1 SN = 5 H = 10 x) verstehen und wissen auch nach Walter, Kienböck, Köhler und Kromayer, wie wir indirekt diese Dosis ungefähr zu bestimmen haben (Dosis der Leukozytose bei 6 x, der Hyperämie und Epilation bei 8 x, des Erythems bei 10 x; Normaldosis etwa bei 8—9 x).

Wir müssen uns ferner merken:

1. daß wir diese Dosen entsprechend der verschiedenen Empfindlichkeit an verschiedenen Körperstellen und bei verschiedenen Individuen zu mildern oder zu erhöhen haben (vgl. S. 413);

2. daß sich die zu Erythem (bzw. Haarausfall), zu Exkoriation und zu Nekrose (Ulzeration) führenden Röntgendosen erfahrungsgemäß etwa wie 1 : 2 : 4 verhalten (Gradation - Holzknecht).

Einige weitere Regeln für die Therapie, die von unseren erfahrensten

Röntgenologen anerkannt sind, will ich hier noch zur Vollständigkeit anfügen. Um einen umschriebenen Gewebebezirk richtig und möglichst gleichmäßig zu röntgenisieren, stellen wir den Röhrenfokus mindestens in der Entfernung des doppelten Durchmessers des annähernd planen kreisförmigen Herdes senkrecht über seinen Mittelpunkt.

Nach Christen braucht in der Tiefentherapie die Fokaldistanz höchstens das Fünffache der Überschicht zu betragen; denn das wenige, was man darüber hinaus noch an Hautschonung gewinnen könnte, rechtfertigt die große, dadurch bedingte Verschleuderung von Röntgenenergie nicht mehr. (Dabei verstehen wir nach dem Vorschlage von Reicher und Lenz unter Überschicht die Dicke der Gewebeschicht, welche man durchstrahlen muß, um den Ort der gewollten therapeutischen Wirkung zu erreichen.)

Große Felder, die von mehreren Röhrenstellungen aus bestrahlt werden müssen, sollen nur an den Außengrenzen abgedeckt werden, so daß jede Röhrenposition auf das ganze Feld wirkt (mehrstellige Totalbestrahlung) unter Überkreuzung der Einzelbestrahlungen. Wer diese Gleichmäßigkeit der Bestrahlung, wo sie notwendig ist, vernachlässigt, erhält ungleichmäßige Reaktionen, also z. B. am Rande des Feldes zu niedrige oder in der Mitte zu hohe (Holzknecht). Die beiden folgenden Tabellen (siehe nächste Seite) sind ebenfalls dem ausgezeichneten Buch von Kienböck entnommen und geben eine schematische Übersicht über verschiedene praktische und weniger praktische Dosierungs- resp. Behandlungsmethoden.

Jedem Röntgentherapeuten sei übrigens die von mir angegebene Weckuhr[1]) empfohlen; die Uhr wird so eingestellt, daß sie z. B. nach 5 oder 10 Minuten klingelt, während gleichzeitig der primäre Strom automatisch unterbrochen wird.

Trotzdem die Dosierung so genau festgelegt scheint und trotz der Anwendung der eigentlichen Schutzmaßregeln, die gleich besprochen werden sollen, lassen sich mit einer absoluten Sicherheit Röntgenschädigungen nicht vermeiden. Auch hat sich die Kommission zur Festsetzung fester Normen für die Messung der Intensität der Röntgenstrahlen in der deutschen Röntgengesellschaft nicht entschließen können, eine bestimmte Methode zu empfehlen, und befürwortet: Bei jeder Messung sollen Daten angegeben werden, die die Stärke der Röntgenstrahlen charakterisieren. Die Intensität soll in der Weise angegeben werden, daß die Dosis reproduzierbar ist. Alle gangbaren Meßmethoden, sowohl die direkten als auch die indirekten, können dafür gebraucht werden.

---

[1]) Lieferant: Max Kohl, Chemnitz.

A. Dosierungsmethoden zur Erzeugung von Normalreaktion.
Beispiel: Epilation bei Favus.

Die Quantimeterzahlen gelten für Durchschnittsempfindlichkeit der Haut.

Methode	Sitzungen	Einzeldosen			Verlauf	Kritik
		Normaldose	Quantimeter	Bestimmung		
I. Primitivmethode	täglich durch 2 bis 3 Wochen (15—20 Sitzungen)	1/10 ND	1 x	meist Schätzung aber unsicher	erst bei Hautreaktion aussetzen	schleppend
II. Modifizierte Primitivmethode	an abwechselnden Tagen 2—3 Wochen (6—10 Sitzungen)	1/5 ND	2 x			
III. Modifizierte Expeditivmethode	kurze Serie, z. B. 3 an aufeinanderfolgenden Tagen	> 1/3 ND	4 x	Messung	2—3 Wochen zuwarten	brauchbar
IV. Expeditivmethode	eine Sitzung	1 ND	10 x			am besten

B. Dosierungsmethoden für lange Behandlungsdauer mit Vermeidung stärkerer Hautreaktionen.
Beispiel: Leukämie, Epilation bei Hypertrichosis.

Methode	Sitzungen	Einzeldosen			Verlauf	Kritik
		Normaldose	Quantimeter	Bestimmung		
I. Modifizierte Primitivmethode	Serien von 6 bis 8 Sitzungen an aufeinanderfolgenden Tagen	1/10 ND	1 x	meist Schätzung	keine Hautreaktion	schleppend
II. Modifizierte Expeditivmethode	in 3wöchentlichen Intervallen	3/4 ND	> 7 x	Messung		am besten
III. Modifizierte Expeditivmethode	in 2wöchentlichen Intervallen	1/2 ND	5 x			brauchbar
IV. Modifizierte Expeditivmethode	in 1wöchentlichem Intervall	1/4 ND	> 2 x			brauchbar

Schutzmaßregeln.

Die Schutzmaßregeln beziehen sich einerseits auf den Patienten, anderseits auf die Ärzte, Ingenieure und das sonstige Hilfspersonal.

In der Hauptsache bestehen diese Schutzmaßnahmen in der Verwendung von Bleimaterialien, die geeignet sind, die Röntgenstrahlenwirkung auf einen gewissen Bezirk zu beschränken und die übrigen Teile des Untersuchten und den Untersucher vor der Röntgeneinwirkung möglichst zu schützen.

Entweder wird zu diesem Zweck die Röntgenröhre mit einer Schutzkappe umgeben, oder in einem mit Bleischutz armierten Kasten untergebracht, so daß die Strahlen nur in der einen Richtung und mittels aufgesetzter Ansatzstücke in entsprechend verkleinerter Flächenausdehnung austreten können. Oder der Patient wird durch Bleifolien so weit abgedeckt, daß nur der zu bestrahlende Körperbezirk unbedeckt bleibt.

Es ist erwiesen, daß Bleifolien in der Dicke von 2 mm zum Schutz genügen. Sehr empfehlenswert ist der Gummischutzstoff (Müller und Traun-Hamburg), eine homogene, durch und durch gummiartige Masse, in der das Blei in Form des elektrisch nicht leitenden Oxydes zu 75 % enthalten ist.

Daß der Arzt und das Personal noch eines besonderen Schutzes bedürfen, haben wir bereits im technischen Teil ausgeführt. Sie müssen immer so stehen, daß sie sich außerhalb der direkten Röntgenstrahlen befinden.

Wie erwähnt, bewerkstelligen wir dies dadurch, daß wir uns immer hinter der Antikathode aufhalten und zugleich die Röhre um ihre Längsachse von uns wegdrehen.

Außerdem schützen sich die Untersucher durch Umhängen von Blei- oder Eisengummischürzen, durch Aufsetzen von Brillen aus Blei- oder Hygatglas, durch Bleihandschuhe, durch Stanniolkopfkappen.

Die Beurteilung der Röhre darf niemals mit der Hand vorgenommen werden, sondern durch die entsprechenden Härteskalen usw.

Möglichst zu empfehlen ist ferner, daß sich Arzt und Personal in einem eigens konstruierten Bleihäuschen aufhalten (vgl. S. 196), von dem aus nach erfolgter Einstellung die Röntgenröhre überwacht und betrieben wird. Bleiglasfenster ermöglichen die stetige Kontrolle. So sind auch alle vagabundierenden Röntgenstrahlen für die Untersucher unschädlich gemacht. Die Türen werden am besten ebenfalls mit Blei röntgendicht gemacht, ein Bleiglasfenster in der Tür ist sehr praktisch.

Die Deutsche Röntgengesellschaft hat 1913 nach dem Vorschlage von Holzknecht, Köhler und Walter folgendes Merkblatt über den Gebrauch von Schutzmaßregeln gegen Röntgenstrahlen einstimmig angenommen:

1. Die öfter wiederholte Bestrahlung irgendeines Teiles des menschlichen Körpers mit Röntgenstrahlen ist gefährlich und hat auch schon mehrfach zu namhaften Schädigungen, ja sogar zum Tode von Röntgenärzten und anderen häufig mit Röntgenstrahlen arbeitenden Personen geführt. Deswegen ist es unbedingt nötig, daß sowohl derartige Personen selbst wie auch eventuell deren Vorgesetzte oder Arbeitgeber darauf sehen, daß in ihren Betrieben genügende Schutzvorrichtungen vorhanden sind, und daß alle diese Personen auch von der Notwendigkeit und dem Gebrauche dieser Vorrichtungen genügend unterrichtet sind. Letzteres dürfte am zweckmäßigsten dadurch erreicht werden, daß das vorliegende Merkblatt in allen derartigen Betrieben öffentlich ausgehängt wird.

2. Als mindest erforderlicher Schutz gegen länger dauernde Bestrahlung gilt eine Bleischicht von 2 mm Dicke, die so groß ist und so angebracht sein muß, daß sie mindestens die ganze Person gegen die direkte Strahlung der Röhre abdeckt. Das Blei ist seiner Giftigkeit wegen beiderseits mit Deckmaterial, wie Holz, farbigem Lack oder dgl., zu bekleiden.

3. Das Blei der Schutzschicht kann ganz oder teilweise durch Bleigummi oder Bleiglas für Röntgenzwecke ersetzt werden, jedoch muß in diesem Falle die Dicke dieser Materialien, entsprechend ihrer geringeren Schutzwirkung, erheblich größer genommen werden als beim reinen Blei, bei gutem Bleigummi nämlich etwa viermal und bei gutem Bleiglas etwa fünf- bis zehnmal so dick, d. h. also bzw. 8 und 10—20 mm. Eine Bekleidung ist bei diesen Stoffen nicht nötig.

4. Auch bei Anwendung einer solchen Schutzschicht ist es empfehlenswert — zumal wenn es sich um länger dauernde Bestrahlungen handelt — sich so weit als möglich von der im Betriebe befindlichen Röhre zu entfernen.

5. Der beste Schutz wäre zwar ein solcher, bei welchem eine der genannten Schutzschichten entweder die ganze Röhre als Schutzkasten oder den ganzen Untersucher als Schutzhütte umgibt; im Interesse der Beweglichkeit der Röhre erscheint es jedoch zweckmäßig, den Schutz in der Weise zu bewirken, daß man die Röhre nur mit einer Kappe oder einem Kasten von etwa ein Viertel der oben angegebenen Schutzwirkung umgibt, dann aber außerdem noch eine Schutzwand vorsieht, hinter welcher sich der Untersucher während des größten Teiles der Arbeitszeit der Röhre aufzuhalten hat.

6. Auch der Durchleuchtungsschirm und die übrigen, im direkten Strahlenkegel der Röhre zu benutzenden Apparate, wie Härteskalen, Fokometer u. dgl. müssen in ihren durchlässigen Teilen mit einer Bleiglasschicht hinterlegt sein, jedoch braucht dieselbe in diesen Fällen, da es sich meistens nur um eine vorübergehende Benutzung handelt, im Inter-

esse der Handlichkeit nur etwa halb so dick zu sein wie bei der für den dauernden Schutz bestimmten Schicht, d. h. also bei gutem Bleiglas etwa 5—10 mm.

7. Jede der unter 1 genannten Personen soll ihre Schutzvorrichtungen möglichst selbst prüfen, was am einfachsten vermittels einer Durchleuchtung oder röntgenographischen Aufnahme, unter Benutzung einer harten Röntgenröhre, geschieht.

8. Von den unter 1 genannten Personen darf niemand wiederholt als Versuchsobjekt zur Beurteilung der Güte eines Röntgenapparates oder einer Röntgenröhre verwandt werden.

9. Jeder Assistent, Praktikant, Volontär, jede Krankenschwester und jeder vom übrigen Hilfspersonal hat das Recht, die Weisung, Röntgenarbeiten ohne genügende Schutzvorrichtungen auszuführen, abzulehnen. Eine solche Weigerung darf niemals den Grund zur Entlassung bilden. Dasselbe gilt für das Personal von Fabriken und Magazinen, die Röntgenapparate, -hilfsapparate und -röhren anfertigen oder verkaufen.

Behandlung der Röntgendermatitis.

Ist nun trotz aller Vorsicht eine Röntgenverbrennung der Haut entstanden, so tritt an uns die Frage heran, mit welcher Behandlung können wir am besten helfen. Leider besteht besonders bei der chronischen Röntgendermatitis der Satz zu Recht, daß die Prophylaxis alles, die Therapie bisher nichts leistet. Die Therapie ist eine symptomatische, und zwar in schonendster Weise.

Ich werde mich in der Hauptsache mit der Behandlung der chronischen Röntgendermatitis beschäftigen, da diese auch die Behandlung der akuten Formen bis zu einem gewissen Grade in sich schließt.

Der Röntgengeschädigte soll zunächst temporär oder für immer das Zusammentreffen mit Röntgenlicht vermeiden.

Beim Patienten ist diese Forderung leicht zu erfüllen, beim Röntgenuntersucher und bei dem sonstigen Röntgen- und Röhrenpersonal aber schwer. Der Beruf kann in den wenigsten Fällen gewechselt werden.

Jedenfalls soll derjenige, der die ersten Spuren einer chronischen Verbrennung an sich fühlt und sieht, sofort Einhalt tun. Pausen in der Röntgentätigkeit wirken anfänglich ganz besonders günstig, längeres Aussetzen ist auch bei höheren Graden der Verbrennung nützlich und oft notwendig.

Ist ein absolutes temporäres Fernbleiben von der Röntgenarbeit nicht möglich, so sind alle die oben genannten Schutzmittel mit der striktesten Sorgfalt einzuhalten, so daß das Baden in ganzen Röntgenlichtfluten und das Einschieben einzelner Teile in die intensiven Röntgenstrahlenfelder absolut vermieden wird.

Mit dieser Röntgenlichtenthaltsamkeit muß eine möglichste Ausschaltung aller mechanischen Reize am Orte der Erkrankung verbunden sein. Berührung der Hände mit den photographischen Entwicklern und Fixierbädern ist strengstens zu vermeiden, ebenso mit den üblichen desinfizierenden Lösungen, wie Sublimat, Karbol, Lysol usw.; Äther und Alkohol reizen sehr, selbst übermäßig häufiges Waschen, desgleichen kräftiges Bürsten, Reiben, vor allem schadet aber Gips. Außerdem werden meist die direkten Einwirkungen des Sonnenlichtes nicht vertragen. Während von vielen Seiten warme und heiße Bäder wegen ihrer energisch aufquellenden Wirkung auf Hornzellen und trockenes Eiweiß überhaupt geschätzt werden, haben sie meinen eigenen Röntgenhänden nie gut getan. Im Gegensatz zu den Berichten anderer habe ich immer kaltes Wasser vorgezogen, besonders nachdem auch bei mir, wie in den meisten Fällen, Ekzem hinzugetreten war. Ganz eigenartig gestalteten sich bei mir die Einwirkungen des kalten Seewassers. In den ersten Tagen vermehrtes Jucken und geringe Steigerung der Reizerscheinungen, danach ein ganz entschieden günstiger Einfluß.

Dagegen sind feuchte impermeable Umschläge mit ihren aufquellenden und das Jucken und die Schmerzen beseitigenden Eigenschaften allseitig anerkannt. Mir hat stets das Bleiwasser am wohlsten getan, essigsaure Tonerdelösung nicht ganz so gut; reizend wirkten selbst ganz schwache Höllensteinlösungen. Das Auflegen von Salbenmullen und Guttaperchapflastermullen wirkt durch das Zurückhalten des Hautdunstes ebenfalls aufquellend und wird vielseitig in dem Sinne angewandt. Ich selbst habe das gewöhnliche englische Pflaster vorgezogen. Die Wirkung des Pflasters ist dabei eine dreifache: es wird ein Abschluß gegen die Luft gegeben, es werden durch das Bekleben äußere Reize, besonders die Bewegungs- und Zerrungsreize ferngehalten; außerdem findet eine gewisse, aber nicht so hochgradige Aufquellung statt, weil etwas Hautdunst entweichen kann. Und dies schien mir subjektiv und objektiv günstig. Das englische Pflaster ist in seiner Wirkung ähnlich dem natürlichen dünnen Schorf. Außerordentlich empfehlenswert ist aber bei Nagelveränderungen der Schutz durch Zinkoxyd-Pflastermull.

Unter den Glyzerinpräparaten ist zu empfehlen Kaloderma, meiner Haut war noch dienlicher Kalophan[1]).

Kokainlösungen oder -salben sind wegen der gefäßlähmenden Eigenschaften dringend zu widerraten, ebenso wird gewarnt vor Orthoform und Anästhesin.

Soda-, Pottasche- und Seifenzusätze zu Bädern und Umschlägen werden ebenfalls empfohlen, ferner Fette und Schmiermittel überhaupt; „sie erhöhen die Elastizität und den Wassergehalt der Hornschicht und

---

[1]) Lieferant: Apotheker Tromsdorff-Erfurt.

verhindern damit Rhagadenbildung; sie ersetzen gleichzeitig den Verlust des fettigen Sekrets der Talgdrüsen und Knäueldrüsen" (Unna).

Außerordentlich heilend und schützend hat sich bei mir der Teer bewährt 1. als Teerseife, 2. in Verbindung mit anderen Substanzen als Hautüberzug.

Die Teerseifenwaschungen habe ich täglich mehrmals vorgenommen; die nassen Hautpartien wurden mit der Seife eingerieben, teilweise durch Wasservermehrung verschäumt und dann nur vorsichtig unter Wasser abgespült, so daß noch reichlich Teerseifenteile auf der Haut zurückblieben, und nur leicht abgetrocknet.

Den Hautüberzug verwandte ich nach folgender Zusammenstellung:

Hydrargyri sulfurati . . .	1,0
Sulfuris praecipitati . . .	10,0
Lianthral.	10,0
Ung. Cascin. ad	100,0

(Dr. Kulisch-Halle a. S.). Er wirkt wie jeder Hautüberzug plus der Teerwirkung; denn Lianthral ist ein durch Benzol gereinigtes Steinkohlenteerpräparat, das sich in fetten Ölen, Alkohol oder Äther gut löst.

Zum Auftragen hat sich mir ein etwa 1 cm breiter, ziemlich harter Malpinsel bewährt. Über dem konsistenten Mittel lasse ich in der Büchse stets eine minimale Schicht Wasser stehen und entnehme nun durch Reiben mit dem Pinsel die Schutzmasse so konzentriert, als ich will. Mitunter mache ich den Überzug auf der Hautoberfläche dick und dunkelbraun, ein andermal ganz dünn, so daß er kaum zu konstatieren ist, je nach dem Grade der Keratosen, der Trockenheit und der Einrisse.

Dieser Teerschwefelüberzug muß auf das wärmste empfohlen werden, sowohl seiner ausgesprochenen Heilwirkung wegen, als auch wegen der außerordentlichen Bequemlichkeit des Applizierens und der Haftbarkeit auf der Haut.

Sehr gut hat sich mir auch bewährt nach den Vorschriften von Dr. Schirrmacher-Bremen:

Olei tumenoli 3,0
Pastae Zinci ad 100,0.

Die Paste wird in dünnerer oder dickerer Schicht mit dem Finger aufgetragen und leicht verrieben. (Für die Nacht sehr angenehm.)

Steigert sich die Brüchigkeit der Haut, besonders im Bereich der dorsalen Fingergelenkspartien, so ist eine gewisse Ruhigstellung dieser Hautpartien und eventuell des Gelenks notwendig. Englisches Pflaster ist für das erstere oft schon genügend, das letztere erreicht man durch zirkuläres Umlegen von schmäleren oder breiteren Zinkpflasterstreifen. Immer lege ich etwas Gaze oder noch besser Watte direkt auf die gereizten Stellen. Eine gewisse Kompression scheint mir dabei auch günstig zu wirken.

Von weiteren Medikamenten werden alle reduzierenden, wie Ichthyol, gescheut, von den oxydierenden die Chlormittel; dagegen hat sich das 30%ige Wasserstoffsuperoxyd (Merck) zum Ätzen der Warzen und der Hyperkeratosen des Nagelbetts gut bewährt; desgleichen die Verwendung von Natronsuperoxydseife (Mielck) im Bad besonders bei Schwielenbildung; die Haut soll dann mit dem Schaum gerieben werden, bis Schmerzhaftigkeit eintritt. Die Hebrasche Salbe wird allseitig empfohlen.

Unter den weiteren schälenden Mitteln wird noch besonders die Salizylsäure angewandt (Unna), in Form von überfetteter Salizylseife in Bädern und als Salizyl-Cannabis-Pflastermull gegen Warzen und Schwielen, als Arsen-Salizylsäure-Pflastermull bei sehr harten Warzen.

Darüber habe ich keine eigenen Erfahrungen, doch möchte ich in Übereinstimmung mit anderen empfehlen, die warzigen, schwieligen Verdickungen und die harten kleineren, der Haut gleichsam eingelagerten Hyperkeratosen stets auch mechanisch anzufassen. Es kommen in Betracht Abschabungen mit dem Messer, mit Bimsstein und mit der Feile, vor allem auch der kleine scharfe Löffel. Mit diesem lassen sich viele festumschriebene Keratosen wiederholt herausheben, so daß sie schließlich verschwinden.

Zum Geschmeidighalten der Haut werden allgemein mit Vorteil verwandt Salben mit Lanolin oder Olivenöl als Grundlage mit Zusatz von Wachs.

Adipis lanol. anhydr. .	7,0
Cerae flavae	3,0 (Unna)

Empfehlen kann ich auch Lenicetvaseline[1]).

Sind nun die Schädigungen so weit fortgeschritten, daß geschwürige Prozesse resultieren, so kommen neben den geschilderten schonenden therapeutischen Maßnahmen noch weitere in Betracht.

Durch Pinselung mit schwacher Jodtinktur werden eventuell kleinere Ulzerationen mit geringer Heilungstendenz schneller zur Heilung gebracht (Albers-Schönberg), ferner durch Pinselung mit Eosinlösung (Hahn). Durch Vereisungen sind gleichfalls kleinere Ulzerationen geheilt worden (Arning). Mayer-Basel hat die Anwendung der flüssigen Kohlensäure empfohlen, sowohl zur Entfernung von Verhornungen als zur Heilung von Ulzerationen.

Ferner wurde der Fibrolysin-Pflastermull (Merck) verwandt. Ist unter demselben eine Heilungstendenz mit guter Granulationsbildung eingetreten, so soll die Heilung bei offener Behandlung oder unter Zinkoxyd-Pflastermull oft überraschend schnell von statten gehen (Unna).

Trotzen die Ulzerationen oder Rhagaden den genannten Maßnahmen,

---

[1]) Zu beziehen von Dr. Rud. Reiß, Chem. Fabrik Berlin.

so sind energischere chirurgische Maßnahmen notwendig. Der scharfe Löffel tritt in sein Recht; so habe ich mir manche Warze und auch manches Geschwür unter Vereisung ausstechen lassen und mit sofortigem Verschorfen durch den Lapisstift zum Verschwinden gebracht.

Größere Ulzerationen werden exzidiert und durch die Naht geschlossen, soweit es die Brüchigkeit des Gewebes gestattet, oder durch Transplantation von Hautlappen oder nach Thiersch gedeckt. Desgleichen müssen speckige Beläge und sonstige Zerstörungsprodukte im Bereich der Geschwüre, die keine Tendenz zur spontanen Abstoßung zeigen, operativ entfernt werden.

Zu operativen Maßnahmen sehen wir uns besonders deshalb in vielen Fällen gedrängt, weil die Gefahr der Entwicklung von Kankroiden besteht. Daß aus diesem Grunde Fingerglieder, Hände und Arme haben geopfert werden müssen, ist leider nur zu bekannt.

Nur darauf möchte ich schließlich noch hinweisen, daß wir bei Behandlung aller schwereren Schädigungen in der Nähe der Gelenke mit zu lange dauernder Ruhigstellung stets vorsichtig sein müssen im Hinblick auf die Entstehung von Kontrakturen, wenn solche auch nicht immer zu vermeiden sind.

Aus diesen Ausführungen geht hervor, daß von einer eigentlichen Therapie der Röntgenschädigungen keine Rede ist. Arzt und Patient müssen sich mit einer großen Portion Geduld wappnen.

II. Spezieller Teil.

Es würde den Rahmen dieses Buches weit überschreiten, wenn ich hier eine eingehende Schilderung der Röntgentherapie aller Haut- und sonstigen Erkrankungen bringen wollte. Wer sich bis in alle Einzelheiten unterrichten will, dem seien die Spezialwerke von Freund, Gauß & Lembcke, Kienböck, Kirstein, Kromeyer, H. E. Schmidt, Frank Schultz, Wetterer und die zahlreichen Spezialarbeiten in den Fortschritten, den Röntgenkongreßberichten und in der Zeitschrift für Röntgenkunde angelegentlichst empfohlen.

Ich werde nur ganz kursorisch und zusammenfassend dem Anfänger das große Material gesichtet bringen, bei den Gruppen von Krankheitsformen die Dosierungsfragen betonen und eine Reihe von Schlußfolgerungen auf Grund der allseitig gemachten Erfahrungen vortragen.

Der Anfänger halte aber bei jeglicher Oberflächen- und Tiefentherapie an dem Grundsatz fest, der Haut, dem erkrankten Organ oder der Neubildung nur so viel Röntgenstrahlen einzuverleiben, als nach den Erfahrungen unserer bekannten Röntgentherapeuten hinreichen, um die notwendigen Reaktionen und Erfolge zu erzielen.

Hautkrankheiten.

A. Die erste Gruppe umfaßt die Erkrankungen, die sich wesentlich im Haar oder im Haarbalg abspielen oder wenigstens von hier ihren Ausgang nehmen. Die Röntgenbehandlung behauptet bei den Haarkrankheiten und Haaranomalien ihren hervorragenden Platz durch ihre Fähigkeit der exakten Epilation und der schälenden Wirkung bis in das Innere der Follikel; Meyer und Ritter empfehlen mit Recht die Anwendung eines Filters, weil wir durch die Filtration ein Auseinanderrücken der Erythemdosis und der Epilationsdosis erreichen, so daß wir also sicher eine Epilation ohne Erythem erreichen.

1. Trichophytie[1]), Kerion Celsi, Sykosis simplex, Sykosis parasitaria, Onychomykosis favosa (Röhre von 7,0—7,5 We oder 4,5 BW, I. Sitzung $^1/_3$ Erythemdose; 8 Tage Pause II. gleiche Sitzung; 8 Tage Pause III. gleiche Sitzung; 21 Tage Pause neuer Zyklus von 3 gleichen Sitzungen. Nach 3 Zyklen 2monatliche Pause; eventuell gehärtete harte Strahlen: 10 We + 0,5 Al = 1,5 cm HW, bei Kindern 6—8 x, bei Erwachsenen 10—15 x.

2. Favus, Mikrosporie (7—10 We, 1—1,5 cm HW, eine Sitzung mit $^4/_5$—1 ED, 6—8 x, unter 0,5 Al bei Kindern, etwas mehr bei Erwachsenen; nach Kienböck besteht das rationelle Vorgehen in 5—7stelliger Bestrahlung des Kopfes, z. B. in der Mittellinie: Vorderscheitel, Wirbel, Hinterhauptshöcker; dann rechte und linke Temporalgegend, ohne Umgrenzung der Regionen mit Blei, wodurch man eine ziemlich gleichmäßige Epilation des ganzen Schädels erzielt).

3. (Hypertrichosis) Vorsicht! Akne vulgaris: Komedonenakne, Akne pustulosa, Blepharitis (1 ED, 5—6 H in einer Sitzung; 8—10 We; nach 3 Wochen Pause zweite Sitzung; Erythem!!).

4. Furunkulose an behaarten Stellen (Epilations-Dosis).

B. Die zweite Gruppe umfaßt

1. die verschiedenen Ekzeme, generalisierte und chronische Ekzeme der Hände und Interdigitalfalten, Gewerbe-

---

[1]) Gesperrt gedruckt sind diejenigen Erkrankungen, bei denen besonders günstige Röntgenresultate erreicht werden; einfach gedruckt diejenigen, für welche viele Forscher die Röntgenbehandlung ohne Vorzug vor anderen Behandlungsmethoden (eventuell kombiniert) benutzen; dann folgen die Erkrankungen in runden Klammern, danach diejenigen in eckigen Klammern, bei denen die Röntgentherapie besonders unzuverlässig ist.

Ferner werde ich in runden Klammern ganz kurz Behandlungsdosen anfügen, vielfach nach Frank Schultz und H. E. Schmidt. Härtegrad der Röhre: We = Wehnelt; BW = Benoist Walter; W = Walter; HW = Halbwertschicht-Christen; Qu = Qualitätmeter-Bauer. Dosen: ED Erythemdose; H = Holzknecht-Einheit; x = Kienböck-Einheit; Al = Aluminiumfilter.

ekzeme, Ekzema seborrhoicum, Seborrhoea oleosa; ferner Neurodermitiden, Psoriasis vulgaris, Lichen ruber, Prurigo; schließlich den viele Hautkrankheiten begleitenden Pruritus (universalis, besonders localis: analis). (Behandlung wie bei A 1.)

2. (Hyperhidrosis manuum). Röntgenbehandlung von Kromayer warm empfohlen (1 ED bei 10 We). Vorsicht!

3. Narbenkeloide, Keloidakne, Ichthyosis, Sklerodermie-zirkumskripte Fälle, [Rhinophym] (Behandlung 1—1½—2 ED mit den nötigen Pausen von 2—3—4 Wochen, 10 We); Rhinosklerom (teilweise sehr gute Resultate; Technik von v. Rydygier: tägliche schwächste Bestrahlungen ½—1 x, 7 We, bis Erythem auftritt; 2 Wochen Pause, neuer gleicher Zyklus usw.), (Lupus erythematodes) (Behandlung wie bei der Gruppe A 1; bei frischen Fällen nach Lassueur suberythematöse Dosen, bei älteren Fällen 2—3 Bestrahlungen schnell hintereinander, um Erythem zu erzeugen).

C. Die dritte Gruppe umfaßt einige weitere gutartige Neubildungen der Haut:

Verrucae — bei multiplem Auftreten, Naevi vasculosi (Behandlung: 7,5 We, in einer Sitzung leichte ED, 5—6mal wiederholen mit jedesmal dreiwöchiger Zwischenpause), Naevi flammei (Frank Schultz-Behandlung: überweiche Röhre, 1—1,5 We, mit ⅓ und ½ ED beginnen, bis ⅘ ED steigen; es gibt eventuell Reaktionen II. und III. Grades, die langsam abheilen. Vorsicht!).

D. Die vierte Gruppe umfaßt die verschiedenen Formen der Hauttuberkulose:

Lupus vulgaris.

Die Röntgenbehandlung wird empfohlen für die hypertrophischen, ulzerierenden und verrukösen Formen der Hauttuberkulose.

(Technik: Gottschalk empfiehlt tägliche kleine Einzeldosen ½—2 x, unterhält das Hyperämiestadium möglichst lange [Quarzlampe]; Frank Schultz gibt in der ersten Sitzung ½ ED bei 5—7.5 We, nach 14 Tagen zweite Sitzung mit gleicher D, dann 3 Wochen Pause, mit Modifikationen.)

Hypertrophische Schleimhauttuberkulose (Behandlung wie A 1), Skrofuloderma (Behandlung wie bei Lupus vulgaris), tuberkulöse Lymphome (10 We, Filterung, in jeder Sitzung 1½—2 ED mit Pausen von 3—4 Wochen; eventuell Bestrahlung von verschiedenen Eintrittspforten aus. Die Wirkung ist um so intensiver, je jünger das Granulationsgewebe ist; nicht erweichte Lymphome schrumpfen; schon eingetretene Erweichung wird beschleunigt, schnelle Fistelheilung).

E. Die fünfte Gruppe umfaßt die karzinomatösen und sarkomatösen Hauterkrankungen.

Epitheliome (Ulcus rodens) (Behandlung $^3/_4$—1 ED in einer Sitzung, 7 We, nach 3—4 Wochen wiederholen), 50—80 % Dauerheilungen, viele Fälle sind operabel geworden, kosmetisch sehr gut. [Schleimhautepitheliome: Ober-, Unterlippe, Zunge, Wange, Vagina, Penis ganz ungeeignet.]

[Karzinome der Haut mit nachbarlichen Infiltrationen und Zerstörungen kommen für die Röntgentherapie nur in Frage bei Inoperabilität, bei absoluter Verweigerung der Operation.]

Auch unter den Kankroiden der Haut sollen die Fälle, die nicht nach 3—4 Sitzungen größte Heilungstendenz zeigen, chirurgisch behandelt werden.

Sarkome der Haut (Kopfhaut) (Behandlung gleich der der Epitheliome).

Mycosis fungoides (Behandlung nach Frank Schultz: ekzematöses Stadium wie bei A 1; Infiltrationen und Tumoren wie bei Lupus).

Sonstige Erkrankungen.

1. Gynäkologie.

Die von Albers-Schönberg zu einer systematischen Methode entwickelte Röntgentherapie bei gewissen Frauenleiden hat nach weiterer Ausgestaltung der Technik durch M. Fränkel, Gauß, Krönig, Lembcke, H. E. Schmidt u. a. zu den denkbar besten Resultaten geführt. Auf Grund des sehr großen Beobachtungsmaterials an der Universitätsfrauenklinik in Freiburg i. B.[1]) resümiert Krönig: Auf Grund der hier niedergelegten reichlichen Erfahrungen darf wohl heute das eine mit Sicherheit behauptet werden: daß es möglich ist, hämorrhagische Metropathien und Myome in so gut wie allen Fällen auf nichtoperativem Wege in kurzer Zeit zu heilen; Gauß und Lembcke präzisieren die Abgrenzung zwischen der Röntgentherapie und der operativen Behandlung der Myome folgendermaßen: es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß die Röntgenbehandlung die operative Therapie verdrängen wird da, wo nicht Indikation und Möglichkeit gegeben sind, ihr eine konservative Therapie zur Erhaltung der Fertilität vorzuziehen; in diesem Falle würde natürlich die Enukleation der Myome in Betracht kommen. Da diese Operationsmethode jedoch im Laufe der Zeit wegen der ihr anhaftenden, nicht unbeträchtlichen Gefahren und der bei ihr nie auszuschließenden Rezidive stark an Boden verloren hat, so

[1]) Röntgentiefentherapie, ihre theoretischen Grundlagen, ihre praktische Anwendung und ihre klinischen Erfolge von Gauß und Lembcke 1912, Verlag von Urban & Schwarzenberg.

kann man sagen, daß die Röntgentherapie bei Myomen und Metropathien immer mehr in den Vordergrund gerückt ist. Die wenigen für sie geltenden Kontraindikationen, die damit gleichzeitig eine Indikation zur operativen Behandlung abgeben würden, sind von Krönig festgelegt worden; nach ihm ist von der Radiotherapie Abstand zu nehmen: 1. bei gestielten, aus der Cervix zum Teil ausgestoßenen Myomen, 2. bei Verdacht auf gangränöse Myome, 3. bei Myomen, die mit einem Schleimhautkarzinom kombiniert sind, 4. bei Myomen, bei denen man wegen schnellen Wachstums, starker metrorrhagischer Blutungen und erfolgloser Röntgenbehandlung eine sarkomatöse Degeneration befürchten muß, 5. bei Myomen, welche zu akuter Inkarzeration der Blase geführt haben. In allen anderen Fällen wird die Radiotherapie als das Verfahren der Wahl anzusehen sein.

Albers-Schönberg hat die Indikationen und die bisherigen Erfahrungen in der Myomtherapie in Form folgender Thesen zusammengefaßt:

1. Die Ovarien erleiden durch Röntgenbestrahlung eine Atrophie. vorwiegend der Graaf schen Follikel, infolgedessen eine artifizielle Menopause eintritt. Diese Schädigungen mit dem erwünschten Erfolg der Klimax treten bei älteren, dicht vor oder in den klimakterischen Jahren stehenden Frauen schnell und dauernd ein, bei jüngeren Individuen, Anfang der vierziger Jahre, ist die beabsichtigte Atrophierung der Follikel erst nach sehr viel längerer Bestrahlung zu erzielen. Auch ist sie infolge von Regenerationsvorgängen in den Ovarien nicht dauernd und nur durch oft wiederholte Bestrahlungsserien zu konservieren.

2. Die Erzeugung der künstlichen Klimax wird in erster Linie zur Verkleinerung von Myomen und zur Beseitigung der durch die Myome hervorgerufenen Blutungen, ferner zur Beseitigung prä- und postklimakterischer Blutungen und Beschwerden benutzt. Die Ursache der Verkleinerung der Myome und der Beseitigung der Blutungen ist vorwiegend in den Vorgängen in den Ovarien zu suchen, doch ist auch eine direkte Einwirkung auf das Myomgewebe in manchen Fällen erwiesen.

3. Von großer Bedeutung ist die anatomische Beschaffenheit der Myome. Am besten sind für die Bestrahlung die intermuralen, demnächst die großen und multiplen oder auf die Ligamente übergreifenden Tumoren geeignet. Kontraindiziert sind die submukösen Myome wegen der infolge der Bestrahlung im Beginn der Behandlung oft vermehrten Blutung; ferner nekrotische, erweichte, vereiterte, verjauchte und verkalkte Myome. sowie Adeno- und Kystomyome. Eine exakte gynäkologische Diagnose, eventuell gewonnen durch Erweiterung, Austastung und histologische Untersuchung, ist in vielen Fällen, um Verwechslungen mit malignen Tumoren zu vermeiden, unerläßlich.

4. Ausgeblutete Frauen mit sogenanntem Myomherzen oder Myo-

karditiden sind wegen der im Anfang der Behandlung oft gesteigerten Blutungen nur mit großer Vorsicht zu bestrahlen, da der Blutverlust bei erheblicher Herzschwäche Lebensgefahr im Gefolge haben kann.

5. Es gibt refraktäre Fälle, welche auf Röntgenbestrahlung nicht reagieren. Erreicht man nach einer je nach Apparaten und Röhren zu bemessenden Maximaldosis bei guter Tiefenbestrahlungstechnik keinen Erfolg, so sollten diese Fälle als ungeeignet abgegeben werden, um nicht bei eventuell zu lang dauernder Strahleneinwirkung andere Organe zu schädigen.

6. Auch in solchen Fällen, in denen keine Menopause erzielt wird, ist oft Verkleinerung der Myome, sowie eine Besserung der Blutung und der Periodenbeschwerden zu konstatieren; häufig so eklatant, daß schon allein dieser Erfolg eine Bestrahlungskur lohnend macht.

7. Die Myome verkleinern sich, in geeigneten Fällen verschwinden sie sogar vollständig. Oft findet die Verkleinerung erst lange nach beendeter Behandlung statt. Einzelne Myome verkleinern sich nicht.

8. Myome jüngerer Frauen (unter 40 Jahren) eignen sich im allgemeinen nicht für die Bestrahlung. Je älter die Frauen sind, um so aussichtsreicher ist die Röntgenbehandlung.

Von äußerster Wichtigkeit ist und bleibt, daß die Röntgentherapie bei Frauenleiden nur von solchen Röntgentherapeuten vorgenommen wird, denen ein erfahrener Gynäkologe zur Seite steht oder die vermöge eigener gründlicher gynäkologischer Ausbildung einwandfreie Untersucher und Diagnostiker sind; oder von solchen Gynäkologen, die die Röntgentechnik und -therapie sorgsamst beherrschen.

Albers-Schönberg rät nach wie vor zu einer vorsichtigeren Dosierung, da ihm und seinen Anhängern die Applikation enorm hoher Dosen nicht unbedenklich erscheint, einmal im Hinblick auf unsere eigenen chronischen Röntgenschädigungen, dann unter Berücksichtigung der schon beschriebenen Spätschädigungen der Haut und der schweren Darm- und Blutveränderungen an Tieren.

Albers-Schönberg bestrahlt bei einer Haut-Fokus-Distanz von 28 cm von oben durch die Bauchdecken, und von unten durch das Kreuzbein.

Je nachdem es sich um Myome oder um menstruelle Blutungen und Beschwerden handelt, verfährt Albers-Schönberg verschieden.

Für Myome: Bestrahlungsserie von 4 Sitzungen zu je 8 Minuten an 4 aufeinanderfolgenden Tagen. Zwischen den einzelnen Serien 14tägige Pausen.

Für Menorrhagien und Dysmenorrhöen ohne oder in Verbindung mit kleinen Myomen, ebenso wie Fränkel: unmittelbar nach Schluß der Periode 4 Sitzungen zu je 5 Minuten an 4 aufeinanderfolgenden Tagen; einige Tage vor Beginn der nächsten Periode gleiche Bestrahlungsserie;

und so fort bis ein Verschwinden der Beschwerden oder eine dauernde Menopause erreicht ist.

Als Schemata für die Tiefenbestrahlung empfiehlt Albers-Schönberg zwei Verfahren:

1. Ein langsames für Patientinnen, welche Zeit haben und bei denen die klinischen Symptome keine übermäßige Eile verlange;

2. ein schnelles für Fälle, die in beschleunigtem Tempo behandelt werden müssen:

Induktor, Wasserkühlröhre oder Gundelachsche Tiefentherapieröhre mit stumpfem Brennpunkt. Walter 8, Wehnelt 10, Bauer 9—10, parallele Funkenstrecke 38 cm, Halbwertschicht 2—2,5 cm, Röhrenbelastung 2—3 MA, Fokus-Haut-Abstand 28 cm, Oberflächendosis unter 2 mm Aluminiumfilter und Lederfilter pro Serie von 4 je 8 Minuten dauernden Einzelbestrahlungen à 4—5 x ca. 16—20 x.

a) Langsames Verfahren: An 4 aufeinanderfolgenden Tagen je 8 Minuten Bestrahlung, hierauf 14 Tage Pause. An 4 aufeinanderfolgenden Tagen je 8 Minuten Bestrahlung, 14 Tage Pause und so fort.

b) Beschleunigtes Verfahren: Benutzung seines gynäkologischen Spezialinstrumentariums für Bestrahlung von oben und unten. Bei Bestrahlung durch das Abdomen und das Kreuzbein, entweder hintereinander oder gleichzeitig an 4 aufeinanderfolgenden Tagen je 8 Minuten durch das Abdomen und je 8 Minuten durch das Kreuzbein. Hierauf 14 Tage Pause, dann in der gleichen Weise fortfahrend bis zum Erfolg.

Die Technik der Freiburger Universitätsfrauenklinik charakterisiert sich, wie Gauß und Lembcke ausführen, durch die Kombination dreier für eine optimale Tiefenwirkung notwendigen Ingredienzien: 1. der Strahlungsfilterung mit 3 mm Aluminiumfilter, 2. der Nahbestrahlung bei 12—20 cm Fokus-Haut-Abstand, 3. der Kreuzfeuerwirkung durch möglichst zahlreiche Einfallpforten (mehrstellige Filternahbestrahlung).

Die Behandlungsdauer der letzten mit Intensivbestrahlung und zeitlicher Konzentration der applizierten Lichtdosis behandelten Krankheitsfälle nahm durchschnittlich nur $1^1/_4$ Monate bis zur Heilung in Anspruch.

Auf die wichtigsten Einzelheiten der Freiburger Technik hier einzugehen, verbietet sich aus Raummangel. Wer sich mit der gynäkologischen Röntgentiefentherapie beschäftigen will, dem ist das eingehende Studium des oben genannten Buches von Gauß und Lembcke unerläßlich. Es mag nur noch erwähnt werden: Es wird eine Röhrenhärte von etwa 10—12 We (6—8 W) benutzt; im allgemeinen werden 3—6 Serien von Tiefenbestrahlungen der einzelnen Patientin verabfolgt, jede Serie innerhalb $^1/_2$—2 Tagen; in jeder Serie wurden zwischen 30—50 verschie-

dene Hauteinfallpforten zwecks Kreuzfeuerwirkung gewählt, derart, daß jede Einfallpforte 15—20 x, gemessen unter dem 3-mm-Aluminiumfilter, erhält; zwischen den einzelnen Serien wird jedesmal eine Pause von 17—20 Tagen eingeschaltet; die durchschnittliche Gesamtdosis beträgt 1480 x.

H. E. Schmidt[1]) verwendet eine etwas modifizierte Technik: Er wählt in der Regel 8 Eintrittspforten um einen Mittelpunkt, der ungefähr der Lage des Fundus uteri entspricht. Jeden Tag wird im allgemeinen ein Feld bestrahlt, so daß die Serie 8 Tage in Anspruch nimmt. Schmidt verwendet zwecks Kompression der Haut einen annähernd dreieckigen Tubus[2]), dessen untere Öffnung durch einen Aluminiumfilterdeckel abgeschlossen wird.

Durch die Kompression wird neben der Annäherung der Haut und des Fokus an die Ovarien bzw. den Uterus eine Desensibilisierung der Haut erreicht, die bei einer Strahlung von 10 We nach Filterung durch 1—2 mm Aluminium 3—4 Volldosen nach Sabouraud-Noiré (30—40 x) verträgt.

Bei Frauen unter 45 Jahren gibt Schmidt im allgemeinen $3^1/_2$ bis 4 Volldosen nach S.-N. pro Feld, d. h. also 28—32 Volldosen nach S.-N. (280—320 x) pro Serie, bei Frauen über 45 Jahren im allgemeinen $2^1/_2$ bis 3 Volldosen pro Feld, d. h. also 20—24 Volldosen (200—240 x) pro Serie. Dann folgt eine Pause von mindestens 4 Wochen.

Einen runden Tubus von 10 cm Durchmesser, unten mit Aluminiumfilterdeckel abgeschlossen, verwendet Schmidt ausnahmsweise bei ungewöhnlich großen Myomen, die eine starke Wölbung des Leibes bedingen und dadurch auch die Bestrahlung von 8 derartigen runden Feldern aus ermöglichen.

2. Leukämie und Pseudoleukämie.

Die Literatur ist enorm groß; ich halte mich im folgenden an die Beobachtungen und Ausführungen von Kienböck und Krause und betone, daß nach übereinstimmenden Erfahrungen die Röntgentherapie zurzeit die beste Behandlungsmethode der chronischen Leukämie darstellt. (Die erste Mitteilung stammt von Senn 1903.)

Bei der myeloiden Leukämie bewirkt die Röntgentherapie in der weitaus überwiegenden Mehrzahl der Fälle selbst in vorgeschrittenen Stadien Besserung sämtlicher Krankheitserscheinungen und kann den Patienten bei konsequenter Durchführung selbst jahrelang bei vollkommen befriedigendem, mitunter Heilung vortäuschendem Kräftezustand erhalten.

[1]) Kompendium der Röntgentherapie. H. E. Schmidt, III. Auflage, 1913, Berlin, Verlag von August Hirschwald, S. 215 ff.

[2]) Der Tubus nach H. E. Schmidt wird angefertigt von Reiniger, Gebbert & Schall.

Die Neigung zu Rezidiven bleibt aber stets bestehen, das Blutbild wird niemals völlig normal. Mit der Zeit läßt die Wirksamkeit der Strahlen nach, und es kommt trotz weiterer Behandlung zu fortschreitender Verschlechterung. Dieses terminale Stadium verläuft nicht selten sehr rasch und stürmisch. Die Gesamtdauer der Erkrankung scheint auch unter der Röntgentherapie 3—4 Jahre nicht zu übersteigen. Der Wert der Röntgenbehandlung besteht also mehr in einer Milderung des Krankheitsverlaufes und im Hinausschieben und Abkürzen des kachektischen Endstadiums als in einer bedeutenden Verlängerung des Lebens.

Die Prognose bezüglich der Lebensdauer hängt sehr davon ab, wie lange die Erkrankung bereits besteht; dagegen sind die Chancen des unmittelbaren Erfolges bei der Myelämie weniger durch die momentane Schwere des Krankheitszustandes, speziell den Grad der Anämie beeinflußt, als durch die Akuität des Prozesses: in einem je progredienteren Stadium die Therapie einsetzt, desto geringer die Aussicht auf Besserung.

Der Milztumor ist bei der myeloiden Leukämie als die Hauptquelle der Leukozytenvermehrung sowie der den Gesamtorganismus schädigenden Toxine anzusehen. Seine Größe geht im Verlaufe der Behandlung der Zahl der Leukozyten und den Schwankungen des Allgemeinbefindens meist parallel. Zur Erzielung des therapeutischen Erfolges genügt es, die Milz allein von vorn, von hinten und von der Seite zu bestrahlen. Ist der Milztumor sehr groß, empfiehlt H. E. Schmidt 6 Röhrenstellungen, nämlich je eine für den oberen und unteren Teil des Tumors von der Vorder-, der Seiten- und der Hinterfläche aus.

Auch bei der lymphatischen Leukämie wird in den chronischen Fällen meist Besserung bewirkt, hauptsächlich Hebung des Kräftezustandes, Verkleinerung der Tumoren und Verminderung der Leukozyten. Der Eintritt der Anämie kann jahrelang hinausgeschoben werden, bereits bestehende Anämie wird aber nur schwer gebessert, nicht selten schreitet sie unaufhaltsam fort. Die Neigung zu Rezidiven bei Unterbrechung der Behandlung ist bei der lymphatischen Leukämie viel geringer als bei der myeloiden. Die Krankheitsdauer der lymphatischen Leukämie, welche an und für sich schon im allgemeinen die der myeloiden etwa um das Doppelte übertrifft, dürfte durch die Behandlung noch weiter verlängert werden. Der Ausgang der Erkrankung erfolgt in der Regel nicht wie bei der myeloiden Form durch akute Exazerbation, sondern unter schwerer Anämie und Entkräftung. Die Prognose der Behandlung ist hier stark von dem Grade der Anämie abhängig.

Zur Erzielung des therapeutischen Erfolges genügt es nicht, wie bei der myeloiden Form, die Milz allein oder etwa einzelne große Lymphome zu bestrahlen, sondern man hat sämtliche Tumoren zu behandeln. Abgedeckt wird nach H. E. Schmidt nur der Kopf und das Genitale;

bei mindestens 12 verschiedenen Röhrenstellungen werden nacheinander bestrahlt: beide Halsseiten, Achselhöhlen, Inguinalfurchen, die Milz von drei Seiten, die Sternalgegend, die rechte Bauch- und die rechte Rückengegend. Die Belichtung der langen Röhrenknochen ist auch hier von geringer Wirkung.

Die Röntgenstrahlen bewirken vor allem Leukozytenzerfall am Ort der Einwirkung, daher eine direkte Verkleinerung der Hyperplasien und Verminderung der Produktion toxisch wirkender Substanzen. Die Hebung des Kräftezustandes beruht hauptsächlich auf dieser Entgiftung des Organismus. Die Leukozytenverminderung ist die Folge der Wucherungshemmung in den hämatopoetischen Apparaten, während der direkten Strahlenwirkung auf die zirkulierenden Leukozyten wohl nur untergeordnete Bedeutung zukommt. Diese Faktoren sind bei der lymphatischen Leukämie die therapeutisch allein wirksamen. Bei der myeloiden Leukämie findet neben der lokalen Wirkung der Strahlen noch eine Fernwirkung auf nicht direkt bestrahlte Herde von myeloidem Gewebe statt, vielleicht durch Vermittlung von Substanzen, die bei dem Zerfall der Leukozyten in der bestrahlten Milz entstehen. Dieselben wirken nicht zerstörend auf die fertigen Leukozyten des Blutes, sind also nicht Leukolysine im Sinne mancher Autoren, sondern hemmen die Neubildung von Leukozyten. Ihre Wirksamkeit erstreckt sich aber anscheinend nur auf die granulierten Zellen, nicht auf die Lymphozyten; denn bei der lymphatischen Leukämie kann man nicht konstatieren, daß durch Belichtung einzelner Lymphome auch andere sich mit verkleinern. So manifestiert sich das Auftreten jener Hemmungssubstanzen durch rasche Verminderung der granulierten Leukozyten.

Die Entstehung dieser, auf die Knochenmarksfunktion hemmend einwirkenden Substanzen ist nicht nur an den Zerfall leukämischen Gewebes geknüpft, sondern man kann auch bei gesunden Individuen durch Belichtung der Milz allein Leukopenie erzeugen.

Die Mißerfolge der Röntgentherapie beruhen in manchen Fällen auf einer relativen Insuffizienz der Strahlen gegenüber der hochgradig gesteigerten Proliferation und Toxinproduktion, in anderen Fällen auf irreparabler Anämie. Für die Röntgenbehandlung ganz ungeeignet sind alle akuten Formen der Leukämie, da der ungünstige Ausgang durch diese Behandlung beschleunigt wird (Klieneberger).

Technik. Die Vornahme seltener und dafür intensiver Belichtungen (Expeditivmethode) ist der Einfachheit halber den täglichen schwachen Bestrahlungen vorzuziehen, namentlich bei der lymphatischen Leukämie mit ihren so zahlreichen zu bestrahlenden Regionen.

Anfangs genügen meist relativ schwächere Dosen, im Verlauf der Behandlung erweist sich aber schließlich eine Verstärkung derselben als notwendig. Röhrenhärte 10 We, Filterung durch 2—3 mm dickes Aluminium, 1—$1\frac{1}{2}$ Volldosen nach S.-N. pro Bestrahlungsfeld. Wiederholung der Serien (je nach der Form der Leukämie) nach jedesmaliger Pause von 3—4 Wochen. Natürlich hängt die Häufigkeit, in der die Behandlungszyklen stattfinden sollen, vom Verlaufe ab. Sobald die Wirkung einer Behandlungsperiode nachläßt — das feinste Reagens ist das Blut, demnächst Größe der Tumoren, Allgemeinzustand, Körpergewicht usw. —, geht man zu einem neuen Turnus über. Die Wirkung einer Bestrahlung kann Wochen oder Monate anhalten, im allgemeinen bei der lymphatischen Form länger als bei der myelogenen, doch kommt es auch hier vor, daß man ohne Schaden mit der Röntgentherapie monatelang aussetzen kann.

Nach Grawitz spielen Eiterungserkrankungen, bei denen die ursprünglich zum Schutz des Körpers aufgetretene Leukozytose ins Krankhafte sich steigert, mindestens bei akuten Leukozytosen eine Rolle. Die Leukozytose ist keine Organ-, sondern eine Systemerkrankung. Die Röntgentherapie hat fast immer Erfolg. Unter 51 von ihm behandelten Fällen blieb er nur 3mal aus. Die Röntgenstrahlen wirken nach ihm durch Toxinbildung und Bildung eines Stoffes im Blut, das die leukozytenbildenden Organe von ihrer übermäßigen zu einer normalen Tätigkeit zurückführt. Das beweist z. B. das Schwinden der Kachexie. Die Dauer des Erfolges hängt ab vom Verlauf der Rückfälle; in vielen Fällen sind sie nur leicht und durch Röntgentherapie wieder leicht zu bekämpfen. Ein Grund, warum in manchen Fällen der Erfolg ungünstig ist, liegt nach Grawitz in schlechten hygienischen Verhältnissen, höherem Alter, längerer Dauer der Krankheit und in der Entstehung von Eiterungserkrankungen.

Krause hat die übrigen Erkrankungen der blutbildenden Organe nach folgenden Gesichtspunkten gruppiert:

a) Symmetrische Lymphdrüsenschwellung (Hodgkinsche Krankheit) (Bestrahlung der verschiedenen geschwollenen Lymphdrüsen und des Milztumors wie bei der Leukämie. Mitunter Besserung, doch schreitet die Krankheit fort).

b) Lineale Pseudoleukämie mit und ohne Lymphdrüsenanschwellung (eigentliche Pseudoleukämie) (Behandlung gleich der vorhergehenden; in der Hälfte der Fälle Erfolge).

c) Lymphosarkomatose (Behandlung ausgiebige Röntgenbestrahlung, am besten kurze Zeit mit intensiven Dosen; Dauererfolge nicht bekannt).

d) und e) (Anaemia splenica und Milztumoren unbekannter Genese).

f) Struma lymphomatosa mit mediastinalem Tumor. (Röntgenbehandlung von vorzüglicher Wirkung.)

g) Symmetrische Erkrankungen der Speicheldrüsen (Mikulicz-sche Krankheit). (Röntgenbehandlung erfolgreich.)

3. Tuberkulöse Erkrankungen.

Die Behandlung der Drüsen-, Knochen- und Gelenktuberkulose mit Röntgenstrahlen hat in den letzten Jahren immer mehr Fürsprecher gefunden; die besseren Resultate sind eine Folge der außerordentlich verfeinerten Technik der Tiefenbestrahlung überhaupt.

Über die günstige Beeinflussung von Drüsentuberkulose habe ich bereits oben (unter Hauterkrankungen D) kurz berichtet.

Erfolge bei Knochen- und Gelenktuberkulose haben zuerst Freund, Wilms, Rudis, Wetterer erzielt.

Nach Freund geben primäre Karies und solche Gelenkerkrankungen, die bei Lupus entstanden sind, gute Resultate. Einfache tuberkulöse Ostitis gibt bessere Vorhersage als Erkrankungen mit Beteiligung der Synovialis. Oberflächlich sitzende Affektionen sind leicht zu beeinflussen, demgemäß reagieren die kleinen tuberkulös erkrankten Knochen besser als die großen. (Technik: Harte Röhre 10 We, Filterung; Bestrahlung von mehreren Seiten; täglich kleine Einzeldosen, bis Erythem auftritt oder alle 3—4 Wochen pro Eintrittspforte per Aluminiumfilter $1^1/_2$—2 Volldosen nach S.-N.)

Auch Schmerz empfiehlt warm die Röntgentherapie der chirurgischen Tuberkulose als Unterstützung der konservativen Therapie. Selbst Fälle mit schwer erkrankter Synovialis haben sich gebessert und sind ausgeheilt. Ob sich die Beobachtung von Schmerz bestätigen wird, daß im allgemeinen die Tuberkulose der ersten Jugend am schwersten, des höheren und höchsten Alters am wirksamsten vom Röntgenlicht beeinflußt werden, bleibt abzuwarten. Jedenfalls wies das refraktäre Verhalten nicht immer eine Wechselbeziehung zur Schwere des tuberkulösen Prozesses auf.

Iselin hat sich sehr eingehend mit den Wirkungen der Röntgenbestrahlung des tuberkulösen Herdes, der Drüsen-, Knochen- oder Gelenktuberkulose befaßt und resümiert folgendermaßen: Regelmäßige Gewichtsbestimmungen haben ergeben, 1. daß der Körper in der Röntgenreaktionszeit sein Gewicht in 70—80 % der Beobachtungen um etwa 1 kg nach der Bestrahlung des tuberkulösen Herdes vermehrt; 2. daß sich eine Körpergewichtszunahme fast mit jeder Sitzung wiederholt, und daß mit dieser Gewichtszunahme eine Umfangsverminderung in der Gegend des Krankheitsherdes einhergeht. Die Körpergewichtszunahme, die der Röntgenbelichtung folgt, und die Abschwellung des kranken Gliedes sind als Folgen einer teilweisen Entgiftung des tuberkulösen Herdes durch Bestrahlung aufzufassen. Die Gewichtszunahme kommt in der Anfangszeit wenigstens durch Verbesserung der Zirkulation (vermehrte Wasserauf-

nahme und Abschwellung des kranken Gliedes) zustande. Der weitere Anstieg der Gewichtskurve und die Abnahme der entzündlichen tuberkulösen Schwellung sind ein deutlicher Ausdruck der Heilkraft der fortgesetzten Röntgenbestrahlung.

Schede sah an der Klinik von Lange-München die besten Erfolge der Röntgentherapie bei Fisteln und tuberkulösen Ulzerationen, ferner an geschlossenen Abszessen (nur bei absolut gesunder deckender Haut) Verkleinerung und Eindickung; er kommt, wie auch die anderen Forscher, zu dem Resultat, daß die Röntgenstrahlen eine sehr günstige Wirkung auf den bestrahlten Herd und auf den ganzen Körper ausüben und im Verein mit anderen Behandlungsmethoden angewandt werden sollen.

In jüngster Zeit haben de la Camp und Küpferle über ihre Ergebnisse der Röntgenbehandlung der Lungentuberkulose im Tierexperiment berichtet. — Soweit es die äußere Körperform zuließ, wurden stets Flächen von 20 qcm Ausdehnung in einer Sitzung mit 15—25 x Oberflächeneinheit bei Fokus-Haut-Distanz von 18—22 cm bestrahlt. Allgemein schien es, als ob die einzelne Dosis um so kleiner zu wählen sei, je schwerer der Krankheitsprozeß klinisch verlief. Nachdem mehrfach bei schweren Fällen (II. und III. Stadium) mit hohem Fieber durch Anwendung großer Dosen (25—30 x an je zwei oder sogar drei Stellen appliziert) schwere Allgemein- und Lokalreaktionen (Temperatursteigerungen und Steigerung der katarrhalischen Erscheinungen) beobachtet waren, wurde jeweils — auf Temperaturen und Lokalreaktion sorgsam achtend — mit der Dosierung tastend vorgegangen. Eine Hautschädigung wurde nie erlebt, da über die für gefilterte (3—4 mm Al.) harte Strahlung zulässige Einzeldosis von 25—30 x, auf eine Stelle appliziert, nie hinausgegangen wurde.

Eine Bestrahlungsserie galt für abgeschlossen, wenn die erkrankten Teile einmal durchbestrahlt waren. Zwischen den einzelnen Sitzungen wurde je nach dem Ausfall der Reaktion eine Pause von 2—8 Tagen eingeschaltet, zwischen je zwei Serien größere Pausen.

Die Autoren sagen zusammenfassend: Das Tierexperiment lehrt, daß die Röntgenstrahlen, qualitativ und quantitativ richtig angewandt, bei der experimentell erzeugten Tuberkulose Heilungsvorgänge anbahnen und fördern, die einer natürlichen Heilung entsprechen.

Die menschliche Lungentuberkulose ist durch Röntgenstrahlen in demselben Sinne günstig zu beeinflussen, und zwar in allen Stadien; ein ausgesprochener Heilerfolg konnte bisher bei Fällen des I. und II. Stadiums erreicht werden; der Erfolg

ist abhängig von der im Einzelfalle nach Verlaufsform und Reaktionsmodus einzurichtenden Bestrahlungstechnik.

4. Karzinomatöse und sarkomatöse Erkrankungen.

Die Hautkarzinome sind oben besprochen worden.

Nach den fortschreitenden Erfolgen der letzten Zeit scheint es, daß die Röntgenstrahlen in Verbindung mit den radioaktiven Substanzen ein ganz wesentliches Hilfsmittel in der Behandlung innerer Krebserkrankungen darstellen.

Die Erfolge sind hauptsächlich gezeitigt worden durch die Fortschritte in der Tiefentherapie überhaupt; außerdem haben auch wohlgelungene Sensibilisierungen der Geschwülste an der Oberfläche und in der Tiefe fördernd gewirkt. Ich will hier nur auf die wichtigen Arbeiten von Aschoff, Bumm, Eltze, Gauß, Hirsch, Klein, Krönig, Lazarus, Müller, Pfahler, Warnekros und Werner hinweisen.

Nach Aschoffs Untersuchungen an dem klinischen Material von Gauß und Krönig stand schon vor Jahresfrist fest:

1. Die spezifische Einwirkung der Röntgenstrahlen ist auch auf tiefliegendes Krebsgewebe im Sinne einer Rückbildung oder Umbildung zu weniger bösartigen Typen nachweisbar.

2. Diese spezifische Wirkung ist nur eine lokale, auf das Bestrahlungsgebiet beschränkte. Eine Fernwirkung ist, wenn überhaupt, nur in beschränktem Maße anzunehmen.

Auf Grund dieser und anderer Befunde kamen die genannten Forscher zu der Überzeugung, daß die besten Erfolge zu erzielen seien, wenn man nicht nur diejenigen Karzinome bestrahlt, die schon weitgehende Metastasen haben, sondern wenn man auch die Fälle einer kombinierten Röntgen-Radium-Behandlung unterwirft, die noch keine nachweisbaren Metastasen zeigen. Und sie konnten gleichzeitig berichten, daß sie in Fällen von Karzinom der Mamma, des Collum und des Corpus uteri durch die kombinierte Röntgen-Radium-Bestrahlung Heilungen erreicht hatten.

Ebenso stehen Bumm u. a. heute auf dem Standpunkt, daß man auch operable primäre Karzinome mit den Bestrahlungsmethoden behandeln und beseitigen solle, um auf diese Weise einwandfrei festzustellen, ob die Rezidive häufiger kommen bei einer gründlichen Beseitigung durch Bestrahlung oder durch Operation.

Auf die außerordentlich schwierige Technik, speziell bei den vaginalen Bestrahlungen, kann ich hier nicht genauer eingehen.

Warnekros beschreibt die Röntgentechnik der Karzinombestrahlung in der Klinik von Bumm eingehend. Da der Charakter des Karzinoms

möglichst momentan eine so große Beeinflussung des Krankheitsherdes verlangt, daß eine Weiterverbreitung des Prozesses verhindert wird, werden sehr hohe Röntgendosen gegeben: Fokus-Haut-Distanz 20 cm, harte Röhren, die in 10 Minuten unter 3 mm Al. 80—120 x liefern; die einzelnen Felder (Gegend des Uterus, der Parametrien, der Drüsen) werden von vorn, von hinten und von den Seiten am ersten Tag je 5—10 Minuten lang bestrahlt (jedes Feld also bis zu 120 x!), am folgenden Tage die gleichen Felder je 5 Minuten lang usw., so daß z. B. innerhalb von 20 aufeinanderfolgenden Bestrahlungstagen die äußere Haut einer Patientin, auf 16 Felder verteilt, bis zu 3500 x bekommen hat, daß einzelne Hauptfelder bereits in den ersten 8 Tagen je 350—370 x erhalten. Bei den vaginalen Bestrahlungen werden ebenfalls enorm hohe Dosen verabfolgt, z. B. 4000 x in 10 Tagen.

Zu solcher Massendosierung gehören natürlich besondere Apparate und Röhren; ihre Betätigung gehört noch nicht der Allgemeinheit, sondern Forschungsinstituten.

Müller-Immenstadt, der große Verdienste um die Ausbildung der Bestrahlungstechnik tiefliegender Tumoren hat, sucht die Empfindlichkeit der Tumoren gegenüber der Strahlung neben allen sonst geübten Mitteln (Cholin, Metallkolloide) durch eine kräftige Hyperämisierung des Tumors und seiner Umgebung zu erhöhen (Diathermie). Neben der Sensibilisierung wird hierdurch auch die Resorption der zerfallenen Tumormassen außerordentlich günstig beeinflußt.

Ob in der Zukunft die Karzinombehandlung einmal der Strahlentherapie ganz gehören wird, ist unmöglich zu sagen, jedenfalls gehört sie zurzeit noch mehr der chirurgischen Therapie. Vorläufig sollen jedenfalls tiefsitzende Karzinome, Rezidive, Drüsenmetastasen außer in Forschungsinstituten nur dann der Röntgentherapie unterworfen werden, wenn der Chirurg oder der Patient die Operation ablehnt. Es gelingt häufig, die Schmerzen zu mildern oder zu beseitigen, die Lymphdrüsenpakete zu verkleinern, ulzerierende und jauchige Prozesse zu reinigen, zu überhäuten, kurz den ganzen Zustand des Patienten zu bessern und das Fortschreiten der Erkrankung zu verlangsamen.

Freund und Werner empfehlen vor jeder Röntgenbehandlung von Krebsen, Sarkomen u. dgl. alle Krusten, Schuppen, Gewebsverdickungen und -neubildungen, die die biologische Strahlenwirkung schwächen operativ, mechanisch oder chemisch zu beseitigen, bis der Grund der Neubildung für das Röntgenlicht freiliegt. Auf diese Weise blieben zwei Patientinnen von Freund, die an Brustkrebs litten, ohne größere Operationen schon seit 8 Jahren erhalten: ein mächtiges wiederholt ausgeschnittenes Keloid machte erst dann einer schönen linearen Narbe dauernd Platz, als die offene Operationswunde bestrahlt worden war.

Über Dauerheilungen von tiefsitzenden Sarkomen liegen einwandfreie Beobachtungen vor. Spindelzellen- und Rundzellensarkome verhalten sich günstig, weiche, blut- und zellreiche, in rascher Poliferation begriffene Tumoren reagieren besser als langsam wachsende, zellarme. Oft rezidivierende Sarkome weichen der Röntgenbehandlung meist rasch (Kienböck). Wir wollen besonders an die Erfolge bei Mediastinalsarkomen erinnern. Wenn es möglich ist, in solchen und ähnlichen inoperablen Fällen dem Patienten für 10 Monate und mehr seine Beschwerden zu nehmen, den Tumor wesentlich zu verkleinern, so bedeutet das schon viel. Wir selbst konnten bei einem 35jährigen Mann ein Melanosarkom des Auges (der größere Teil des Tumors wurde von Professor Braunschweig operativ entfernt; mikroskopische Diagnose!) zur Heilung bringen. Das Auge wurde in bestem Zustand erhalten, 9 Jahre bis heute rezidivfrei.

Williams hat seinerzeit vorgeschlagen, bei jeder Krebsoperation vor Schluß der Wunde das Operationsfeld zu bestrahlen. Diese Methode gewinnt erfreulicherweise immer mehr Anhänger. Sicherlich sind nach Entfernung möglichst viel Tumorgewebes die besten Vorbedingungen gegeben, die Röntgenstrahlen und die anderen radioaktiven Substanzen auf die eventuell restierenden Tumormassen intensiv wirken zu lassen. Levy-Dorn, Herrmann und Werner haben für derartige Wundbestrahlungen und zugehörige Einrichtungen im Operationssaal genaue Angaben gemacht. (Technik: 1—2 ED auf das offene Operationsfeld und Umgebung, 2—3 mm Al., harte Röhre.)

Da, wo die offene Wundbestrahlung post operationem nicht möglich ist, müssen Röntgenbestrahlungen als Prophylaxe gegen Rezidive im Operationsgebiet in gleicher Weise Anwendung finden.

So berichtete kürzlich Pfahler-Philadelphia über 15 Patienten, bei denen ausgedehnte Rezidive und Metastasen nach Mammakarzinomoperationen verschwanden und die Patienten frei davon blieben, der erste seither 11 Jahre, der letzte 1 Jahr. (Nebenbehandlung mit Thyreoidextrakt.)

5. Nerven- und sonstige Erkrankungen.

Über die günstige Beeinflussung der Schmerzen bei Neuralgien konnte ich schon 1897 berichten. Unsere damaligen Beobachtungen haben dann im Laufe der Jahre vielfache Bestätigung gefunden, so daß man dem Vorschlage von H. E. Schmidt zustimmen wird, Neuralgien (Ischias), ehe sie chirurgisch behandelt werden, versuchsweise zu bestrahlen, da manche Formen unbekannter Ätiologie günstig beeinflußt werden. (Technik: H. E. Schmidt in 4wöchentlichen Intervallen jedesmal 2 Volldosen nach S.-N. pro loco, Filterung, R-Härte von 10 We.).

Für schweres nervöses Hautjucken hat H. E. Schmidt ebenfalls Röntgenstrahlen mit Erfolg angewandt. (Technik: $^1/_3$—$^1/_2$ ED

bei 5—7 We pro Bestrahlungsfeld, 10—14 Tage warten, eventuell wiederholen.)

Nach den Berichten einiger Forscher scheint es angebracht, in Fällen von Rückenmarkskompression (Neubildung) den Versuch zu machen, durch systematische harte filtrierte Bestrahlungen eventuell proliferierendes Gewebe zum Schrumpfen zu bringen.

Besonders bei Syringomyelie sind Besserungen mitgeteilt; man kann sich vorstellen, da es sich meist um gliosarkomatöse Prozesse mit zentralem Zerfall, peripherer Wucherung und Infiltration handelt, daß man durch die einschmelzende Wirkung der Röntgenstrahlen die Druckerscheinungen mildert und das Fortschreiten des Prozesses aufhält. Da, wo Zerstörungen vorliegen, nützen wir nichts. (Technik: wie oben bei den Neuralgien.)

Bei Struma sind die Besserungen nur auf die parenchymatöse Form beschränkt. Röntgenstrahlen nicht zu empfehlen (Technik wie eben beschrieben).

Dagegen liegen eine sehr große Anzahl anerkennenswerter Erfolge bei Morbus Basedowii vor. Nach Holzknecht gilt, daß ein anhaltender Effekt der Röntgentherapie vom Verlauf des Falles vor der Bestrahlung abhängt. Der Erfolg ist um so besser, je kürzer die letzte bedeutende Verschlimmerung oder der Krankheitsbeginn überhaupt vor dem Behandlungsbeginn liegt. Ein seit Jahren gleichmäßiger Krankheitszustand bedarf sehr langer Behandlung, schnell anwachsende Schwere der Erkrankung geht nach dem Beginn der Behandlung rasch wieder zurück. Den besten Effekt geben die perakuten Fälle, bei denen der Operationseffekt am schlechtesten ist. Kurz, im allgemeinen zeigt es sich, daß die Röntgenwirkung den Verlauf spiegelbildlich umkehrt.

Dieser Erscheinung liegt offenbar das allgemeine Gesetz der Röntgenwirkung zugrunde, daß die Empfindlichkeit der Zelle um so größer ist, je progredienter die Zellveränderung ist, im allgemeinen also auch, je frischer der Fall oder das letzte Rezidiv ist. Dadurch erscheinen von vornherein die akutesten Fälle für die Röntgenbehandlung prädestiniert und von den chronischen diejenigen, welche in einem aufsteigenden Schenkel der Krankheitskurve stehen.

Nur vorübergehende Besserungen hat man von der Bestrahlung daher bei chronischen Fällen ohne nennenswerte Schwankungen zu erwarten. Die erreichbare Sekretionsbeschränkung geht in einigen Wochen vorüber und muß durch immer neue Bestrahlungen wieder herbeigeführt werden. Sie ist oft unvollständig, so daß die Herzschädigung fortdauert. Diese tritt jedoch sehr langsam ein; auch wenn die Krankheit erst nach jahrelangem Bestand verschwindet, kann das Herz ungeschädigt daraus hervorgehen.

Sind aber bereits Zeichen der Degeneration des Herzmuskels (Funk-

tionsprüfung!) vorhanden, so besteht die Indikation, das Organ rasch der weiteren Schädigung zu entziehen, was durch Operation möglich ist. Auch soziale Gründe können die Operation indizieren, die unbedingt den Vorzug der raschen Wirkung hat. Auch, wo eine vorbestehende Struma eine durch Hinzutreten der Basedowschen Anschwellung verstärkte Trachealstenose gesetzt hat, kommt man nicht leicht ohne die Operation durch, weil die parenchymatösen Strumen auf Röntgenlicht sehr wenig reagieren.

Nach Röntgenbehandlung soll eine bindegewebige Verstärkung der Kapsel der Thyreoidea häufig bei Operationen gefunden und von den Chirurgen als eine die Operation erschwerende Komplikation bezeichnet worden sein. Die Fälle haben jedoch gezeigt, daß die Schwierigkeit keine allzu große ist. Eine Kontraindikation gegen die Bestrahlung kann hieraus nur abgeleitet werden, wenn man übersieht, daß alle Fälle mit leichtem Verlauf, alle rudimentären Fälle und somit von 100 vielleicht 99 für die Operation nie in Betracht kommen. Der Chirurg sieht diese nie und läuft daher Gefahr, mit ihnen auch nicht zu rechnen. Mit diesen Ausführungen Holzknechts werden wohl die meisten Röntgenforscher einverstanden sein. (Technik: Kuchendorf empfiehlt 4 Bestrahlungen der Schilddrüse und 4 Bestrahlungen der Herzgegend mit 6—7 We-Röhre, jedesmal $^1/_2$ ED; zwischen jeder der 8 Bestrahlungen 14tägige Pausen; H. E. Schmidt bestrahlt die Schilddrüse von rechts und von links, pro loco 1—2 Volldosen nach S.-N. bei 10 We und mit Aluminiumfilter; Wiederholung der Serie nach 2—4 Wochen; nach 3 solchen Bestrahlungsserien 6wöchige Pause.

Übereinstimmend berichten viele über große subjektive Besserung ihrer Basedow-Kranken, Besserung der nervösen Erscheinungen, Verkleinerung des Kropfes, Gewichtszunahme.

Haret empfiehlt die Röntgenbestrahlung des Dammes bei Prostatahypertrophie; je frühzeitiger die Behandlung einsetzt, um so bessere Erfolge. (Technik: harte Röhre, Filter, jede Woche 8—10 x, bis Erfolg — spontanes Urinlassen, Abnahme der Prostatagröße — eintritt; bis 17 Sitzungen.)

Kardo-Syssojew kam bezüglich der verschiedenen Trachomformen auf Grund eines klinischen Materials von 80 Fällen zu folgenden Resultaten: Die Röntgentherapie erwies sich in Fällen, welche nicht mit Pannus kompliziert waren, als äußerst wirksam. Die trachomatösen Follikel verschwanden im Verlauf von 3 Wochen, ohne merkliche Narben zurückzulassen. Die Sekretion nahm schon nach der ersten Sitzung ab. Die ersten wesentlichen Erfolge, welche sich im Flacherwerden der Follikel äußerten, traten meist am 4. Tage nach der ersten Sitzung auf, wobei die Besserung schubweise vor sich ging. In den Fällen von absoluter Heilung konnten erfreuliche Dauerresultate beobachtet werden. Auf Grund der

kumulativen Wirkung rät der Verfasser zu selteneren, aber dafür ein wenig anhaltenderen Sitzungen (suberythem. Dosis bei 7 We, mit Pausen von 3—4 Wochen). Der stets beobachtete Wimpernausfall erwies sich als temporär. Auf die Sehschärfe des Auges übte die Röntgentherapie keinerlei schädigenden Einfluß aus. In den mit Pannus komplizierten Fällen fanden hingegen öfters Exazerbationen der pannösen Prozesse statt.

Die schon oft aufgetauchten Mitteilungen über gute Effekte bei den verschiedenen chronischen Arthritiden fanden eine umfassende Bestätigung aus dem Kienböckschen Institut. Beeinflußbar scheint die subakute Gewebsproliferation zu sein: Rückgang der Ergüsse, der Schmerzen, der Bewegungsbeschränkung. Das bedeutet bei der Hoffnungslosigkeit dieser Zustände eine schätzenswerte Erweiterung der therapeutischen Möglichkeiten. Eine Trennung der indizierten von den refraktären Formen war nicht möglich. (Technik: Je $^1/_2$ ED in 3 Sitzungen hintereinander von 3 verschiedenen Seiten aus; nach 8 Tagen wiederholen, 3 Wochen Pause, dann von neuem; nach H. E. Schmidt von verschiedenen Seiten wie bei der Röntgenbehandlung der Neuralgie.)

Schlußsätze.

Auf Grund einer Reihe von Anklagen wegen fahrlässiger Körperverletzung bei Röntgendermatitis sind wir und andere wiederholt als Gutachter tätig gewesen. Werden diese Fälle infolge der exakteren Dosierung auch immer seltener, so hatte sich doch die Deutsche Röntgengesellschaft 1909 entschlossen, eine Kommission zur Beratung einer Reihe von Thesen, die ich ausgearbeitet hatte, zu wählen. Diese Thesen, von der Kommission durch kleine Änderungen gefördert, sind dann auf dem VI. Röntgenkongreß, Berlin 1910, einstimmig angenommen worden und lauten:

1. Nur unter der Verantwortlichkeit des Arztes dürfen die Röntgenstrahlen zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken Anwendung finden.

2. Der Arzt soll im Interesse der Patienten und im eigenen Interesse nur zuverlässige und erfahrene Angestellte im Röntgenlaboratorium tätig sein lassen.

3. Der Arzt und der Fabrikant sind verpflichtet, ihre Angestellten über die Röntgenschädigungen zu belehren, die üblichen Schutzmaßregeln zur Verfügung zu stellen und ihren Gebrauch zu fordern.

4. Dem Arzt liegt nicht die Verpflichtung ob, jede Röntgenuntersuchung (Behandlung) selbst vorzunehmen; es ist ihm vielmehr gestattet, diese Maßnahmen nach seinen Anweisungen und unter seiner Verantwortung seinen Angestellten zu überlassen.

5. Im Hinblick auf die Röntgenschädigungen, die mit Sicherheit heute noch nicht zu vermeiden sind, ist von dem Arzt das sorgfältigste

Studium der Röntgentechnik, ganz besonders der Dosierungsfrage und die stetige ausgesuchte Vorsicht zu verlangen.

6. Der Patient soll stets über eventuell vorausgegangene Röntgenbestrahlungen befragt werden.

7. Der Arzt ist an keine der bekannten Dosierungsmethoden gebunden, es empfiehlt sich jedoch, die verabreichte Röntgendosis in irgend einer ungefähr reproduzierbaren Weise zu fixieren.

8. Jedem Arzte, der sich mit den Röntgenstrahlen zur Untersuchung, zur Behandlung und zu Unterrichtszwecken usw. beschäftigt, ist dringend zu raten, sich und seine Angestellten gegen Haftpflicht zu versichern.

9. Als Gutachter bei Prozessen, Röntgenschädigungen betreffend, sollten nur solche Ärzte herangezogen werden, welche die Röntgenspezialität aus eigener Erfahrung beherrschen.

Anhang.

Die Ausschußsitzung der Deutschen Röntgengesellschaft vom 25. Oktober 1913 hat den folgenden von Bourwieg, dem Vorsitzenden des betreffenden Sonderausschusses ausgearbeiteten

Röntgen-Minimaltarif

angenommen:

A. Untersuchungen mittels Röntgenographie. Diese sind entweder zu berechnen 1. nach der Größe der verwandten Platten bzw. Films, und zwar für

eine Platte,	Größe	9 × 12	mit	M.	4.—
„	„	„	13 × 18	„	„	5.—
„	„	„	18 × 24	„	„	8.—
„	„	„	24 × 30	„	„	10.—
„	„	„	30 × 40	„	„	12.—
„	„	„	40 × 50	„	„	15.—

oder 2. nach den aufzunehmenden Körperteilen, und zwar

für Untersuchung einzelner Finger und Zehen mit . .	M. 4.—
für Untersuchung der Mittelhand, des Mittelfußes und von Zähnen	„ 5.—
für Untersuchung der ganzen Hand, des ganzen Fußes, Vorder- und Oberarms, Unter- und Oberschenkels, Ellenbogens	„ 8.—
für Untersuchung der Schulter, Knie, Hüfte, des Halses und von Wirbelsäulenpartien	„ 10.—
für Untersuchung des Kopfes, Beckens, Thorax, Nieren mit Harnleiter	„ 12.—

NB. Für jede weitere Aufnahme bei derselben Untersuchung sind 50 % dieser Sätze zu entrichten.

Falls im Einzelfalle außergewöhnliche Schwierigkeiten (Fernaufnahmen usw.) vorliegen, soll die betreffende Kasse benachrichtigt und ein besonderer, höherer Preis vereinbart werden.

Für Kopien oder Skizzen von Platten bis zur Größe von 18 × 24 sind M. 2.—. für größere Kopien M. 4.— zu zahlen. Die Platten selbst gehören dem aufnehmenden Röntgenologen.

Die Mitteilung der Diagnose an die Kasse oder den behandelnden Arzt ist in den Preisen mit einbegriffen und soll nur dann besonders berechnet werden, wenn damit besondere Mühewaltungen verbunden sind.

Für eine einmalige einfache Durchleuchtung sind M. 5.—, für wiederholte oder schwierigere Durchleuchtungen (z. B. unter Anwendung von Medikamenten, komplizierten Apparaten u. dgl.) M. 10.— zu zahlen.

NB. Die Kosten für Medikamente usw. sind in obigem Preise nicht mit einbegriffen.

B. Therapeutische Bestrahlungen.

1. Für Applikation einer Volldosis (à 10 x) in der Oberflächentherapie . . . . M. 5.—
   (für jede einzelne Sitzung aber mindestens . . „ 3.—)
2. Die Honorare für die Tiefentherapie unterliegen der Vereinbarung von Fall zu Fall.

NB. Es wird empfohlen, als Einheitsmaß die „Filterdosis“ = 10 x unter einem 1 mm starken Aluminiumfilter auf einen Hautbezirk projiziert — zugrunde zu legen.

Sachregister.

A.

B.

C.

D.

[1]) R. B. der = Röntgenbehandlung der.

T.

U.

V.

W.

Z.

